



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL EN LA CIRCUNVALACION DE MASAYA  
TRAMO: NINDIRI – LAS FLORES.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Katia Xiomara Balladares Norori

Br. José Carlos Nicaragua Martínez

**Tutor**

Msc. Ing. Bernardo Calvo Rojas

**Asesor**

Cmdo. Ing. Gilberto Solís

Managua, Noviembre 2016

## INDICE

<b>CAPITULO I: PRELIMINARES</b>	<b>01</b>
• JUSTIFICACION	03
• ANTECEDENTES	04
• OBJETIVOS	06
• MARCO TEORICO	07
• HIPOTESIS	19
• DISEÑO METODOLOGICO	20
 <b>CAPITULO II: INVENTARIO VIAL</b>	 <b>23</b>
• CLASIFICACION	24
• USO DE SUELO	25
• SISTEMA DE DRENAJE	30
• INTERSECCIONES	31
• SEÑALIZACIOIN	34
 <b>CAPITULO III: AFORO VEHICULAR</b>	 <b>47</b>
• VOLUMEN Y CLASIFICACION	48
• NIVEL DE SERVICIO	53
• ESTUDIO DE VELOCIDADES	58
 <b>CAPITULO IV: ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD</b>	 <b>61</b>
• ESTUDIOS DE ACCIDENTES	61
• DETERMINACION PUNTOS CRITICOS	67
 <b>CAPITULO V: PROPUESTA TECNICA</b>	 <b>75</b>
• REDUCTORES DE VELOCIDAD	79
• PARADA DE BUSES	81
• PROPUESTA DE SEÑALIZACION	82
 <b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	 <b>86</b>
• CONCLUSIONES	86
• RECOMENDACIONES	88
 <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	 <b>91</b>
 <b>ANEXOS</b>	 <b>94</b>

## **CAPITULO I: PRELIMINARES**

### **INTRODUCCION**

La seguridad vial es un tema de interés en países desarrollados los cuales utilizan diversos medios de difusión para la implementación de campañas a lo largo del año para dar a conocer la importancia de esta, en contraste en los países en vías de desarrollo como el nuestro ocurren dos cosas; no se le da la importancia necesaria a la seguridad vial y los usuarios de la vía no conoce las normas de seguridad vial por falta de esta educación. Según la Organización Mundial de la Salud “cada año fallecen por accidentes de tránsito más de 1.2 millones de personas y más de 50 millones de personas resultan lesionadas, más del 90% de las defunciones se producen en los países de ingresos bajos y medianos”<sup>1</sup>.

Los avances tecnológicos permiten mejorar los diseños de las carreteras, caminos e infraestructuras de la vía reduciendo la probabilidad de accidentes y facilitan el viajar más rápido y de forma segura grandes distancias, pero muchas veces la misma tecnología que hace posible la fabricación de auto más veloces unido a desperfectos mecánicos, factores ambientales e imprudencias de los usuarios de la vía encabezan la causa de los accidentes de tránsito. Las lesiones causadas por el tránsito son la octava causa mundial de muerte, y la primera entre los jóvenes de 15 a 29 años. Las tendencias actuales indican que, si no se toman medidas necesarias los accidentes de tránsito se convertirán en el 2030 la quinta causa de muerte”<sup>2</sup> en el mundo.

En Nicaragua todas las carreteras se consideran de peligro en cuanto accidentes automovilísticos, las autoridades de la Dirección de Tránsito de la Policía Nacional sugieren a la carretera NIC-4B (circunvalación de Masaya) como un tramo que tiene necesidad de un estudio de seguridad vial. Debido que a pesar que fue construida con concreto hidráulico y utilizando los últimos avances disponibles para incrementar la seguridad para los usuarios de la vía, haciendo

---

<sup>1</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2009: Es hora de actuar

<sup>2</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo al decenio de acción

uso de manera aplicada y sistemática de los conceptos de seguridad vial en la planificación, se ha destacado que los accidentes de tránsito en esta carretera no son menores que las de otras infraestructuras que no fueron realizadas bajo los mismos criterios de diseño.

Este estudio abarcará la necesidad de revisar, corregir y mejorar los diseños geométricos de la vía y la señalización de esta para disminuir en lo posible la probabilidad de que se produzcan accidentes. Se realizó un análisis de la seguridad vial en la carretera NIC-4B también conocida como Circunvalación de Masaya tramo Nindiri – Las Flores.

Para la realización de este análisis se tomaron los siguientes pasos:

- Un inventario vial del tramo en estudio.
- Un aforo vehicular en intersecciones.
- Estudios de velocidades con radares.
- Un análisis de inventario de accidentes de la carretera correspondiente a los años 2013 – 2015 según datos proporcionados por la Policía Nacional de Tránsito.

## **JUSTIFICACION**

Este estudio de seguridad vial es una investigación que el departamento de Ingeniería vial de la Policía Nacional (PN) podría utilizar para un mejor control de los puntos críticos de la carretera y para la tipificación de accidentes. El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), instituciones encargadas del diseño, construcción y mantenimiento de carreteras tendrán información de campo que proporcione parámetros que actualicen los criterios de seguridad en futuras rehabilitaciones y/o ampliaciones de la carretera.

Este estudio el cual fue realizado en la carretera NIC-4B, Tramo “Nindiri – Las Flores” es una investigación que pretende determinar las causas reales de los accidentes de tránsito en el tramo antes mencionado. Mediante el uso de elementos que se analizan en un estudio de tráfico se pueden encontrar las variables que permitan proponer un re-diseño del tramo de carretera en términos de seguridad vial. El presente estudio podrá ser usado en el futuro como base para la creación de un informe general de seguridad vial que sirva tanto a la Policía Nacional como al MTI y FOMAV, para un mejor control de los tramos peligrosos, puntos críticos, tipificación de accidentes y recurrencia anual.

A nivel social los beneficios derivados de esta investigación se pueden traducir en un aumento de los elementos y las condiciones de seguridad en la vía que tienda a disminuir la cantidad de accidentes. Dando como consiguiente un menor número de muertos y lesionados, lo que se traduce en un menor gasto de recursos hospitalarios.

La viabilidad de este trabajo reside en la importancia de generar datos que actualmente no se encuentran registrados ni en la Policía Nacional, ni en el MTI, ni en alguna institución nacional; y en el estímulo que puede tener para despertar el interés en otros estudiantes e ingenieros a realizar estudios de este tipo en otros tramos para que en un futuro cercano exista una fuente más amplia de conocimiento hasta abarcar la red vial en su totalidad como ocurre en otros países.

## **ANTECEDENTES**

El tramo tiene por nombre NIC-4B el cual es parte de la carretera NIC-4 popularmente conocida como carretera Masaya, perteneciente a la red básica del país. El Ministerio de Transporte e Infraestructura la denominan “Circunvalación de Masaya”, Se estarán evaluando 6km que se encuentran en el departamento de Masaya y que unen los municipios de Nindiri y Las Flores.

La carretera NIC-4B empezó su construcción en el año 2008 continuando los trabajos hasta finalizar en el año 2009, año en el que la circunvalación de Masaya de una manera segura satisfacía la demanda de tránsito. Han pasado 7 años y desde entonces el volumen de tráfico y el parque automotor del país ha aumentado.

Un estudio de seguridad vial a un tramo de carretera es un estudio explorativo y evaluativo el cual no es realizado con mucha frecuencia en nuestro país. En Latinoamérica países como Colombia, Venezuela, México y Brasil son los que más han profundizado en estudio de accidentalidad dentro de sus respectivas redes viales según los resultados de los informes sobre la situación vial a nivel mundial realizados por la Organización Mundial de la Salud en los años: 2004, 2009 y 2013. Dichos informes muestran que los países antes mencionados tienen mejor definida sus redes, tienen estudios de seguridad para cada tramo de cada carretera, hacen análisis de accidentalidad permanente y para periodos de tiempo de entre 5 a 8 años, y mantienen un alto estándar para el diseño y construcción de carreteras nuevas.

Aun así, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala a los países latinoamericanos de no tener la coordinación necesaria para la mitigación de siniestros de tránsito y a sus gobiernos de no tener una voluntad política para tomar medidas eficaces, o en nuestro caso de no tener los recursos necesarios (tanto técnicos como económicos). Países europeos tienen metodologías más completas donde no solo toman en cuenta los “puntos negros” de los “tramos peligrosos” los ahora llamados “tramos de concentración de accidentes”, sino

también los llamados “tramos blancos”<sup>3</sup> para descubrir el porqué de la ausencia de accidentes. Son países con planes globales de reducción de accidentes.

El informe de la OMS demuestra que la adopción y cumplimiento de leyes integrales sobre los factores de riesgo fundamentales ha reducido las lesiones causadas por el tránsito<sup>4</sup>, según este informe se puede decir que las soluciones para los países en desarrollo pueden variar ligeramente de los industrializados, pero de manera general comprenden los mismos principios básicos, como un buen trazado de la vía pública, correcta gestión del tráfico, mejor normativa para los vehículos, control de velocidad, uso de cinturones de seguridad, uso de cascos para los usuarios de vehículos de dos o tres ruedas y aplicación de límites de alcoholemia<sup>5</sup> y muy importante la presencia de Policía Nacional de Tránsito (PN) ejerciendo labores de control de carácter preventivo.

En el banco de monografías de la Universidad Nacional de Ingeniería podemos encontrar tres estudios disponibles a nivel de monografía: uno evaluó la carretera “Managua-Granada”, otro evaluó “La Garita Tipitapa – Empalme San Benito” y el otro evaluó la Carretera Panamericana Sur (NIC-2) comprendiendo de “La Garita de Nejapa – Entrada a Diriamba” .Existen otros monografías y estudios muy importantes que fueron coordinados entre el Dpto. de Vías de Transporte de la FTC y PN de Tránsito, en varios tramos en distintas carreteras y otros en algunas arterias importantes de la capital. Estos estudios han marcado un precedente en nuestro país con respecto al interés que se ha despertado por mejorar la seguridad vial. Todo esto sin mencionar los aportes que ha brindado la Cuenta Reto del Milenio, la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA)” y la globalización en general para el mejoramiento de los estándares de diseño, construcción y rehabilitación de carreteras en Nicaragua.

---

<sup>3</sup> Circula seguro, Tramos blancos, <http://www.circulaseguro.com/de-tramos-blancos-a-carreteras-blancas/>

<sup>4</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo al decenio de acción

<sup>5</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo al decenio de acción

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Elaborar un diagnóstico de la accidentalidad vial, para proponer soluciones en términos de seguridad vial que reduzcan el índice de accidentalidad del tramo de carretera “NIC-4B”.

### **Objetivo Especifico**

- Estudiar el estado en que se encuentran los componentes del tramo de la carretera NIC-4B.
- Verificar el inventario vial realizado por la Policía Nacional de Tránsito para brindar una perspectiva real y actual del estado de los componentes del tramo de carretera en estudio.
- Precisar los volúmenes de tránsito y las condiciones de tráfico.
- Realizar un análisis de accidentalidad en la carretera.
- Proponer soluciones técnico-ingenieriles de seguridad vial en los tramos peligrosos y puntos críticos



## MARCO TEORICO

La tasa de fallecimiento por accidentes de tránsito en Nicaragua está por encima de los 20,1 por 100 mil habitantes (en promedio)<sup>6</sup>, lo cual significa que perecen en las calles y carreteras alrededor de 2,500 personas por año, una cantidad más alta que la de homicidios.

Si se parte de la definición de accidente que, según el Diccionario de la Real Academia Española, es un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas, se podría convenir que la accidentalidad vial no es tal, debido a la gran recurrencia, sobre todo vinculada a dos hechos centrales: las condiciones en las que se producen (casualidad) y a la periodicidad de ocurrencia en los mismos. En tanto no son accidentes, lo más correcto sería tratarlos como parte de la violencia urbana y de la inseguridad, en el ámbito específico del transporte; es decir que hay un tipo particular de violencia urbana que está vinculada al transporte.

Dos hechos tienen que ver con este tipo particular de violencia: por un lado, el crecimiento de parque automotor privado y el desarrollo tecnológico de esta industria, que le facilita a los vehículos alcanzar mayores velocidades, han ido de la mano con el aumento de la llamada accidentalidad vial. De allí que sea pertinente preguntar: ¿Qué se hace para detener el crecimiento devastador del parque automotor? (devastador en términos del aumento de los accidentes causados por este); pero también al respecto de ¿Por qué se autoriza la venta de vehículos que desarrollan velocidades superiores a las permitidas por la ley?

Por otro lado, el déficit de las unidades de transporte urbano e inter-urbano colectivo que operan por sobre los límites de las mismas, el no respetar las paradas o los carriles asignados para su circulación, la explotación de la unidad debido a la competencia por pasajeros la cual no es controlada por ninguna institución, esto predispone a crear las condiciones propicias para los accidentes de tránsito en las carreteras del país.

---

<sup>6</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo al decenio de acción

## **Seguridad Vial**

Como definición de seguridad vial tenemos; al conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamentos y disposiciones) y normas de conducta bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública.<sup>7</sup> La accidentalidad vial construye uno de los más importantes impactos sociales y económicos de la movilidad urbana y uno de los principales problemas sobre salud pública a nivel mundial. Dicho de otra manera la seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito. También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier vehículo de transporte terrestre (colectivo, camión, automóvil, motocicleta y bicicleta).

### **Problema de salud publica**

Los traumatismos causados por accidentes de tránsito fueron la novena causa de morbilidad mundial en 1990. La evolución prevista para el fenómeno lo sitúa en el puesto de la tercera causa para el horizonte 2020<sup>8</sup>. Se trata, vistos los datos y las previsiones, de uno de los problemas de salud pública con una fuerte dinámica negativa, si no se actúa de forma contundente para su previsión integral.

### **Problemas sociales y económicos**

Los costos sociales de las lesiones personales fruto de la accidentalidad vial se valoran en términos de trastorno e incidencia en el entorno de las víctimas. Es imposible asignar un valor cuantitativo a cualquier sufrimiento humano por lo que no es realista obtener una cifra que refleje el costo social de dicho fenómeno. Sin embargo, si es posible estimar la repercusión económica de la accidentalidad vial desde el punto de vista humano y material.

---

<sup>7</sup> Seguridad vial definición, <http://culturavial.com/seguridad-vial/que-es-seguridad-vial.html>

<sup>8</sup> Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito 2004

Las lesiones causadas por el tránsito suponen una carga económica importante para el sistema de salud pública, que repercute de forma directa en la economía pública y se estima que el 1% del producto interno bruto de los países de ingresos bajos. También supone un costo económico muy importante para los ámbitos familiares de los afectados por ser estos los principales responsables, en muchos casos, del sustento económico familiar<sup>9</sup>.

### **Definición de la línea**

Dentro de la seguridad vial, se destacan tres componentes: el entorno, el vehículo y las personas<sup>10</sup>. La primera no solo compone el entorno como espacio físico donde se lleva a cabo los desplazamientos urbanos, sino también el entorno jurídico-legal.

Los vehículos son todos los medios en los que se puede desplazar un ser humano. Se diferencia los motorizados de los no motorizados. Así mismo los individuales de los colectivos, los públicos de los privados y los utilitarios de los particulares.

Dentro del campo de la seguridad vial, la accidentalidad se presenta como un fenómeno multicausal, articulo con una serie de factores relacionados con el riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad. Durante mucho tiempo y todavía hoy su análisis ha sido el principal ámbito de estudio, desarrollo mediante instrumentos cuantitativos.

Para orientar las políticas de seguridad vial se necesita datos sobre los tipos de accidentes y sus incidencias, así como un conocimiento detallado de las circunstancias en que se producen. Saber cómo se provocan las lesiones y de qué tipo son.

Los accidentes de tránsito se clasificación de dos formas: por gravedad y por clase. El primer caso se refiere a la severidad o gravedad del accidente: con

---

<sup>9</sup> Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2009: Es hora de actuar

<sup>10</sup> Gochita Niidhaa, Programa curricular de seguridad vial, <http://html.rincondelvago.com/seguridad-vial.html>

mueritos, con lesionados y/o solo con daños materiales. El segundo se refiere a si es choque, atropello, volcamiento, caída de ocupante, incendio u otro.

El atropellamiento ocupa un espacio de prioridad en la legislación universal por las consecuencias que este tipo de accidentes de tránsito produce, así como también por ser un evento donde se involucran una o varias personas que se desplazan como peatones en la calzada y frecuentemente son embestidas por un móvil de cualquier dimensión que se aproxima generalmente a alta velocidad.

La temporalidad de la accidentalidad vial es otra variable que se puede desagregar en diferentes escalas: las características del sexo y edad de implicados y víctimas, tipo de vehículos y agentes de movilidad implicados, espacio y entorno donde se produce el siniestro de día o noche y la deducción de las causas probables del accidente (entorno, individuo y conductor).

### **Factor de riesgo e intervención**

Las formas en que los profesionales perciben, comprenden y trabajan en la prevención de la accidentalidad de las lesiones causadas por el tránsito han cambiado mucho y se han dejado de lado las concepciones aleatorias e inevitables como causas de la accidentalidad vial.<sup>11</sup> El actual paradigma de la seguridad vial se fundamenta en la capacidad de predecir y en la posibilidad de evitar las lesiones: causadas por el tránsito. Los principios rectores de este cambio de paradigma son:

- Los traumatismos causados por el tránsito se puede prevenir y predecir en gran medida por ser en muchos casos, causa directa del comportamiento del ser humano.
- La falta de seguridad vial no es solo un problema del sistema de transporte, sino que es multisectorial y de salud pública.
- Los sistemas de tránsito deberían ayudar a corregir y atenuar los errores humanos en la conducción o desplazamiento.

---

<sup>11</sup> Informe mundial sobre la prevención de los traumatismos causados por el tránsito 2004

- La vulnerabilidad del cuerpo humano es tomada como un parámetro para el diseño de los sistemas de tránsito (velocidad).
- Los conocimientos locales deben orientar la aplicación de soluciones locales.

Los riesgos e intervenciones en materia de seguridad vial se han clasificado en cuatro categorías generales: la primera se refiere a la exposición del individuo al tránsito rodado y las otras tres a las fases del accidente (previa, durante y posterior).

La exposición al tránsito rodado de los individuos se define como la cantidad de movimiento o desplazamientos que llevan a cabo distintos usuarios o una población dentro del sistema. Los principales factores que determinan esta potencialidad son de distinta naturaleza:

- Factores económicos, como el nivel de desarrollo económico.
- Factores demográficos, como la edad, género y lugar de residencia.
- Factores climáticos: lluvia, neblina, oscuridad.
- Factores de ordenación territorial que influye en las distancias a recorrer por parte de las personas y los medios de desplazamientos utilizados.
- Proporción de los usuarios vulnerables de la vía pública frente al volumen de tránsito a alta velocidad
- Falta de previsión en la utilización de la vía pública (límites de velocidad, diseño y trazado)

Las restantes categorías en que se clasifican los riesgos e intervenciones, fase previa, durante y fase posterior al accidente, han sido objeto de un enfoque sistemático ilustrado mediante una matriz modelo elaborada por William Haddon Jr. En esta se presenta la interacción entre los tres factores que intervienen en la accidentalidad vial – humano, vehículo y entorno durante las tres fases del accidente. Este enfoque permite localizar los factores de comportamiento, vehiculares y del entorno que influye en el fenómeno de la accidentalidad vial.

**Tabla 1**

Matriz de Haddon

		FACTORES		
FASE		SER HUMANO	VEHÍCULOS Y EQUIPO	ENTORNO
Antes del choque	Prevención de choques	Información Actitudes Discapacidad Aplicación de la reglamentación por la policía	Buen estado técnico Luces Frenos Maniobrabilidad Control de la velocidad	Diseño y trazado de la vía pública Limitación de la velocidad Vías peatonales
Choque	Prevención de traumatismos durante el choque	Utilización de dispositivos de retención Discapacidad	Dispositivos de retención de los ocupantes Otros dispositivos de seguridad Diseño protector contra accidentes	Objetos protectores contra choques
Después del choque	Conservación de la vida	Primeros auxilios Acceso a atención médica	Facilidad de acceso Riesgo de incendio	Servicios de socorro Congestión

**Fuente:** Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito 2004

Cada una de las quince celdas de la matriz permite posibilidades de análisis, elaboración de informes, conocimiento e intervención.

### Accidentalidad

El concepto de accidental vial es aquel que se utiliza para hacer referencia a los hechos o siniestros que toman lugar en la vía pública y que tienen que ver con los vehículos de distinto tipo, la no existencia de las leyes, la falta de educación vial y demás contribuyen a generar esta situación.<sup>12</sup> Para la dimensión de la accidentalidad y para mayor agilidad de análisis, los objetos de estudio se dividen según las categorías tradicionales del análisis: accidentes y víctimas según gravedad. En cada uno de estos objetos de estudio están presentes las tres temáticas o factores que intervienen en la accidentalidad (entorno, vehículo y personas).

### Accidentes Viales

Se estudia el número total de accidentes producidos por lo que se contemplan los indicadores de la accidentalidad: totales de accidentes, por 100 mil habitantes y totales de accidentes con víctimas (muertos y lesionados).

Otras subcategorías de análisis de la accidentalidad tomadas en cuenta son:

<sup>12</sup> Accidentalidad vial definición, <http://www.definicionabc.com/general/accidente-vial.php>

- Tipo de accidentes: con especial seguimiento a los relacionados con las colisiones, puesto que implica el mayor número de víctimas mortales y lesionadas.
- Controles de espacio: Permite desagregar los accidentes producidos en zonas de control en el espacio vial (señalización). Mediante este indicador y conociendo la cobertura de la señalización en la red vial se puede investigar la influencia de este factor espacial en el desencadenamiento de los accidentes.
- Puntos críticos en la vía: Son puntos sobre la carretera en la que se registra mayor número de accidentes de tránsito.
- Modo de transporte: reúne uno de los indicadores que permite conocer la participación de los distintos modos de transporte en el total de la accidentalidad vial. Permite detectar la vulnerabilidad de los distintos factores de la movilidad a este fenómeno.
- Tiempo: se conoce que la concentración de la accidentalidad no es homogénea a lo largo de la semana, tampoco uniforme a lo largo del día y se pretende hacer un seguimiento de la evolución de los periodos de mayor concentración.
- Causas: los datos disponibles en los reportes de los accidentes de tránsito disponen de información referente a las posibles causas que provocan los accidentes. Estas se desagregan según el factor principal al que correspondan ser humano, espacio o vehículo.

### **Factores que intervienen en el accidente.**

#### **-Humanos**

Este aspecto está muy relacionado con los conocimientos, actitudes, aptitudes y practicas ciudadana referente a la seguridad vial. En este ámbito intervienen dos factores clave que son la educación y la aplicación de la reglamentación existente al respecto.

La educación pública, representada por el sistema de concesión de licencias de conducción y las campañas educativas e informativas, si no van acompañadas de medidas coercitivas tiene un efecto mínimo sobre la reducción de la accidentalidad.

En lo relativo a la aplicación de las normas de circulación es fundamental establecer un elemento importante de disuasión, tener niveles elevados y continuados de aplicación de la normativa, aplicación rápida y efectiva de la utilización de mecanismos automatizados de detección.

En Nicaragua no se ha profundizado en el conocimiento y análisis de la percepción y el comportamiento de los ciudadanos respecto del tema. A partir de los datos disponibles relacionados con los parámetros aplicados a la ciudadanía por infracción de normas de tránsito, se puede reducir las principales problemáticas de seguridad vial relacionadas con el comportamiento. La aplicación de la línea de base se centra en medir de forma cuantitativa y cualitativa las actitudes, percepciones y prácticas de distintos actores de la movilidad respecto de las principales normativas que le competen.

### **-Vehiculares**

El estado técnico de los vehículos es el principal factor vehicular que interviene en el desencadenamiento de los accidentes de tránsito. Un mantenimiento y control adecuado de los distintos elementos que componen el vehículo como frenos, luces, entre otros, es fundamental para evitar comportamientos inesperados en vías en los que no interviene el factor humano.

La normativa relacionada con la obligatoriedad de pasar inspecciones técnicas periódicas rige en la actualidad solo a vehículos de servicio público y para vehículos de servicio particular. Necesaria para este tipo de estudio. Los indicadores referidos al total del parque automotor se pueden construir desde el punto de vista de la antigüedad del parque, manejando un riesgo relativo a la antigüedad.



## **-Entorno**

El trazado y las características de construcción de la infraestructura vial pueden ser factores importantes para la determinación de las causas de la accidentalidad. La concentración espacial de la accidentalidad puede ser un mecanismo para identificar estos factores y poder intervenir sobre ellos.

El sistema de señalización vial de un entorno es determinante para la prevención de la accidentalidad. Establecer, señalizar y hacer cumplir la normativa relacionada con las limitaciones de velocidad es fundamental ya que la velocidad es una de las causas que intervienen en la accidentalidad.

El diseño de vías públicas que dé importancia a la seguridad y que se adapte a la función de movilidad en cada una de ellas, obliga y motiva a los usuarios a respetar los límites de velocidad y las normativas relacionadas con la circulación. La correcta infraestructura para cada uno de los modos de movilidad es especialmente importante para el caso de los peatones y ciclistas. La presencia de redes viales independientes previene en gran medida la accidentalidad así como la adopción de medidas espaciales correctoras en puntos críticos del sistema vial.

## **Factor que intervienen durante el accidente**

### **-Humanos**

La utilización adecuada de los elementos y dispositivos de seguridad por parte de los conductores de los diferentes vehículos que intervienen en la movilidad urbana es fundamental para reducir las consecuencias negativas en caso de accidentes.

El uso de cinturón y de las sillas de seguridad y otros dispositivos de retención para niños, es uno de los mayores éxitos en la prevención de los traumatismos causados por el tránsito en el caso de automóviles. En cambio, en los vehículos de dos ruedas, motociclistas y bicicletas, el dispositivo de seguridad esencial que interviene de forma eficaz es el casco.

La normativa nicaragüense que nos rige (ley 431) contempla en su reglamentación la obligatoriedad de la utilización de estos dispositivos de seguridad. Es importante conocer el grado de uso de los mismos y el conocimiento y actitud de los individuos al respecto.

### **-Vehiculares**

Se trata de la disponibilidad en los vehículos de los dispositivos técnicos de seguridad. La intensa investigación en este campo ha propiciado la fabricación de vehículos diseñados especialmente para reducir los daños físicos en caso de accidentes, tanto para ocupantes como para los demás usuarios de la vía implicados en un posible siniestro. Así existen elementos destinados a proteger al ocupante como los habitáculos indeformables, mecanismos para la sujeción y elementos de amortiguación. Por otra parte, la forma y rigidez de la parte delantera de los vehículos son fundamentales para evitar lesiones graves a peatones y ciclistas.

Estos factores que dependen íntegramente del sector industrial en su aplicación, pueden tener mayor o menor preocupación en un ámbito geográfico determinado dependiendo de las características del parque automotor y su proceso de renovación.

### **-Entorno**

Otro factor espacial que repercute en la gravedad de los accidentes de tránsito es a localización de elementos físicos alrededor de las vías de circulación y la implementación de elementos que protejan a aquellos que se localizan en puntos muy cercanos a los canales de circulación y que pueden intervenir en el desenlace de un accidente.

El diseño de los elementos protectores para la señalización y otros elementos físicos son las señales de tránsito que protejan contra colisiones, cedan ante un impacto o lo amortigüen y la construcción de separadores y barreras de contención que permitan minimizar el impacto cuando un vehículo de motor se salga de la calzada.

La implementación de medidas correctoras para suavizar estos factores no está muy avanzada en nuestro país, por la repercusión económica que implica. La obtención o levantamiento de datos dentro de este objetivo de estudio se puede realizar de forma indirecta mediante indicadores como proporción de la red vial regulada mediante doble sentido sin separadores o barreras de contención.

### **Factores que intervienen después del accidente**

#### **-Humano**

Estos se resumen en acceso de los servicios de urgencias, calidad de la atención dispensada antes de la llegada al hospital, en el hospital y en los programas de rehabilitación. Una atención rápida y de calidad en los primeros minutos posteriores al desenlace del accidente de tránsito es un factor fundamental para evitar muertes y lesiones irreversibles. Estos factores se concentran en el volumen, formación y organización del capital humano del sector sanitario y de salvamento en el ámbito territorial objeto de estudio.

#### **-Vehiculares**

La facilidad de acceso al interior de los vehículos en caso de accidentes y las probabilidades de que se produzca un incendio, son los factores que inciden directamente en la prevención de traumatismos. La presencia de materiales óptimos y estructuras indeformables en los vehículos facilitan la intervención efectiva de los servicios médicos y de rescate. Estos factores dependientes del sector industrial tienen mayor o menor incidencia dependiendo de las características del parque automotor de cada ámbito geográfico.

#### **-Entorno**

La presencia de cobertura de la infraestructura sanitaria de actuación directa es uno de los factores espaciales que intervienen después de un accidente. El número y la localización de la infraestructura móvil (parque de ambulancias) tienen relación directa con la magnitud de las lesiones que se producen en accidentes de tránsito.

A pesar de que el crecimiento del número de accidentes no es uniforme en la ruta en estudio, el crecimiento es considerable y preocupante. Por consideraciones de la Policía Nacional, la carretera es de las que presenta una considerable peligrosidad como se puede observar en la cantidad de accidentes registrados en los últimos 3 años. Los altos niveles de accidentalidad incitan a encontrar las causas que provocan este fenómeno.

## **HIPOTESIS**

Los accidentes de tránsito en el tramo de estudio se deben a la falta de educación vial de los usuarios, el irrespeto de las señales de parte de los conductores, la toma de acciones irresponsables por parte de los usuarios de la vía que por no poseer conocimiento de las condiciones del tramo terminan en tragedias, el ir a exceso de velocidad, el abuso de alcohol y estupefacientes, el distraerse al manejar, etc. son factores que desencadenan accidentes de tránsito en la carretera circunvalación Masaya tramo Nindiri – Las Flores.

## **DISEÑO METODOLOGICO**

### **Tipo de investigación**

Este estudio es una investigación de tipo explicativa<sup>13</sup> con carácter evaluativo, cuyo principal producto será relevante para entender la accidentalidad del tramo y aplicar conocimientos en materia de seguridad.

El “Estudio de Seguridad Vial en la circunvalación de Masaya” pretende comprender el comportamiento de los usuarios de la vía, conocer las condiciones en las que se encuentra físicamente la carretera, determinar los tramos peligrosos y/o los puntos críticos; y hacer recomendaciones para la mejora de las condiciones de seguridad para la disminución de accidentes de tránsito.

Para alcanzar los objetivos planteados se ha propuesto realizar una investigación que combina el trabajo de campo: para la observación de los fenómenos y la recolección de datos ínsitu y estadísticos; con el trabajo de gabinete: para el análisis de la realidad, análisis causa-efecto y la generación de resultados. Este proceso incluirá métodos empíricos y especializados.

### **Método empírico**

La observación: Hacer visitas de campo a lo largo del tramo para estar en contacto directo con aquellas zonas que a simple vista muestren componentes peligrosos, para aplicar la metodología de estudio de tráfico y recolectar información sobre el fenómeno accidente y sus subsecuentes efectos.

### **Métodos especializados**

Método bibliográfico: La recopilación de estudios similares, de normas de seguridad de comportamiento humano y normativas nacionales e internacionales de diseño geométrico, son una herramienta fundamental para lograr una interpretación correcta de los datos resultantes de los estudios específicos.

---

<sup>13</sup> Valinda Sequeira, Astralia Cruz; Investigar es Fácil, Manual de investigación, 2004, pág. 7.

Método analítico: El análisis matemático y lógico de los datos recopilados en el campo es lo que permite ir descartando agravantes y atenuantes en las causas de accidentes y en la propuesta de soluciones.

Método de síntesis: La clasificación es la principal forma de agrupar y ordenar los datos recopilados y los resultantes.

Método científico: Contiene el proceso lógico con el cual se llega a la solución del problema. Observar el fenómeno, plantear hipótesis, analizar la realidad, determinar la teoría que respalde la tesis y llegar a una conclusión.

Método investigativo: Se debe entender como el proceso dedicado a responder una pregunta. Dicha pregunta lo que pretende es aclarar la incertidumbre de nuestro conocimiento. No se trata de almacenar datos de forma indiscriminada sino que se define como un proceso sistemático, organizado y objetivo destinado a solucionar un problema o solventar una necesidad.

### **Descripción de la fuente de datos**

La fuente de datos es mixta: Primaria a través de las observaciones y mediciones en campo y de los métodos de recopilación de datos en el tramo; y Secundaria a través de la revisión de los manuales y reglamentaciones de seguridad.

### **Procedimiento de recolección de datos**

Para realizar un diagnóstico de la situación de la carretera en términos de seguridad vial se ha propuesto el siguiente ordenamiento de los aspectos técnicos y teóricos en base a los objetivos específicos.

## **PROCEDIMIENTO**

Una vez seleccionado el tramo de carretera a estudiar se procedió a realizar recorridos para delimitar el tramo específico, así el grupo de trabajo en conjunto con el tutor Msc. Ing. Bernardo Calvo y el asesor Cmdo. Ing. Gilberto Solís determinaron que se trabajara el tramo de carretera "NIC-4B conocida como Circunvalación de Masaya desde la estación 27+150 hasta la estación 33+483.

Se hizo un levantamiento del inventario vial mediante el uso de formatos proporcionados por el departamento de ingeniería vial de la Policía Nacional de Tránsito y diseñados por el departamento de planificación de la dirección de vialidad del MTI.

Posteriormente se realizó un aforo vehicular en distintos puntos de la carretera, luego se procedió a realizar un estudio de las velocidades de los usuarios de la vía haciendo uso de equipos especializados que nos fueron facilitados por la Policía Nacional para llevar a cabo el estudio de velocidades, el cual se llevó a cabo en distintos puntos arrojados por la accidentalidad por razones que se explicaran en dicha sección del informe.

Se procedió a estudiar las estadísticas de accidentalidad con los inventarios 2013 a 2015 facilitados por la Policía Nacional correspondientes a la carretera en estudio.

Posterior a los procesos en campo se hizo el trabajo de gabinete, donde se procesaron y analizaron los datos para el diseño de posibles soluciones a la problemática.



## **CAPITULO II: INVENTARIO VIAL**

### **INTRODUCCION**

Como definición de inventario vial entiéndase a la recolección en el campo de los elementos propios y de tránsito tales como son; Señales verticales y Señales horizontal, Secciones transversales, Tipos de Drenaje, superficie o carpeta de rodamiento, etc. que forman parte del tramo en estudio.

La importancia de realizar un inventario vial está en poder contar con la información suficiente del estado en el que se encuentra la carretera, sus características físico-geométricas, superficie de rodamiento, drenajes ya sean mayor o menor, el estado y ubicación de la señalización horizontal y vertical. Prácticamente es para conocer en detalle los componentes de la vía tanto cualitativa como cuantitativamente.

### **IDENTIFICACION DEL TRAMO EN ESTUDIO**

El tramo en estudios es la Carretera NIC-4B conocida como la Circunvalación de Masaya, inicia en el departamento de Masaya en la rotonda ubicada aledaña a la entrada de Nindiri en la estación 27+150, terminando en la rotonda que conecta la carretera NIC-4 con la entrada del municipio de Las Flores, departamento de Masaya, en la estación 33+483, para un total de 6km de carretera de análisis.

### **DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO**

El inventario vial en Circunvalación de Masaya (NIC-4B) fue un estudio complicado por el nivel de detalle que este conlleva. Se contó con apoyo del Departamento de Ingeniería Vial de la Dirección de Tránsito de la Policía Nacional, especialmente la guía y supervisión en campo del Cmdo. Ing. Gilberto Solís.

Se realizaron 2 recorridos semanales en automóvil, haciendo uso del odómetro digital del mismo vehículo, a su vez, en dependencia de las necesidades del levantamiento, se usaron dos modelos de distintos de GPS:

- Para la Geo-Referenciación de las señales verticales: Los postes kilométricos, las parada de transporte colectivo de la zona, las

instituciones públicas y las principales intersecciones existentes en el tramo se utilizó un GPS (GARMIN ETREX LEGEND) que posee una precisión entre 3 y 7 metros con gráficos de rutas, utilización de mapas y la facilidad de descarga de datos a software de localización global.

- Para el estacionamiento de paradas de buses, intersecciones, señales horizontales y verticales tanto existentes como propuestas: Se utilizó un GPS (GARMIN ETREX HIGH SENCITIVITY) que posee una precisión entre 1 y 3 metros con odómetro y cuenta kilómetros digital que muestra los kilómetros con sus centenas, decenas y unidades sin posibilidad de descarga de datos y sin gráficos de ruta.
- Para el levantamiento de las señales horizontales: Se utilizó un formato gráfico, propuesto por el departamento de Ingeniería Vial de la Policía Nacional, que permite un fácil manejo de las señales horizontales respecto a la estación correspondiente en el tramo en estudio.
- Para el levantamiento de las señales verticales: Se utilizó una variación de la tabla de inventario propuesta por el Departamento de Inventario Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura. Las modificaciones fueron establecidas por el grupo de trabajo que adapto la tabla al método de recolección de datos, para que de una manera ordenada se clasificaran las señales, ubicándolas en la banda correspondiente de la carpeta de rodamiento con el uso del odómetro digital de un GPS y simultáneamente haciendo Geo-Referenciación con el otro GPS.

Haciendo uso de las disposiciones y recomendaciones del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito de la Secretaria Para la Integración Centroamericana, se hizo un levantamiento de necesidades con el objetivo de hacer una propuesta de señalización vial que fuera más acorde con la realidad geométrica y de uso de suelo a lo largo de la carretera en estudio tomando en cuenta la velocidad de diseño de la misma.

En el proceso se decidió que la manera en que se presentan los datos de las condiciones de señalización real, sería la misma en que se presentarían las

condiciones propuesta, tanto las que se recomiendan corregir como las que se recomiendan agregar o quitar.

## **CLASIFICACION FUNCIONAL**

La Circunvalación de Masaya (NIC-4B) es una Troncal Secundaria: la carretera esa conectada a la Red Vial Centroamericana, circulan en ella grandes volúmenes de tránsito mayores a los 500 vehículos por día, conecta municipios departamentales y centros económicos importantes y por ella circulan el tránsito nacional, interregional e internacional, por lo cual es una vía de suma importancia para el desarrollo social, económico, turístico en nuestro país.<sup>14</sup>

## **TOPOGRAFIA**

El terreno es uniforme, va desde una transición urbano-interurbana a plano, no presentan tramos con pendientes. No posee peraltes pronunciados pero si presenta desniveles en ambos derechos de vías encontrándose en todo momento el drenaje por debajo del nivel de la carretera.

## **USO DE SUELO**

El auge del crecimiento poblacional, de las ciudades que son conectadas por la carretera NIC-4, conlleva al incremento del uso de suelo aledaño a la vía que principalmente lo constituyen las zonas residenciales así como las viviendas de uso rural o tradicional, atrayendo el auge comercial, turístico y de negocios de toda índole. Siendo esta la razón para el diseño y construcción de la carretera NIC-4B como medida de seguridad para el tránsito de camiones y vehículos pesados, creando una ruta alterna a la carretera NIC-4 disminuyendo de esta manera los accidentes que pueden causar grandes pérdidas tanto materiales como humanas y prolongando la vida útil de la carretera NIC-4.

## **CARPETA DE RODAMIENTO**

La carpeta de rodamiento está fabricada con concreto hidráulico, y este presenta una excelente resistencia a los grandes volúmenes de tráfico que la circulan diariamente, donde la carga se distribuye uniformemente en la estructura de

---

<sup>14</sup> Clasificación funcional de carreteras, 2008, Ing. Sergio Navarro Hudiel

concreto, y de esta manera mantienen las condiciones de la vía aceptables, para garantizar su vida útil.

### **CONDICION O ESTADO**

La condición del concreto se detalla en la tabla 2 la cual está ubicada en la página 26 del documento, indica que tiene una condición aceptable en todo el tramo, esto es debido al detalle tomado a la hora de diseñar y construir la carretera. Cumpliendo de esta forma con las especificaciones de seguridad y cubriendo de manera óptima el problema por el cual fue diseñada.

**Tabla 2****Sección Transversal de la Carretera**

<b>Proyecto Circunvalación Masaya</b>			
<b>Sección Transversal de la Carretera</b>			<b>Fecha: octubre 2015</b>
<b>Estación</b>		<b>Tipo de superficie</b>	<b>Condición de Rodamiento</b>
<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>		
27+150	27+370	Concreto hidráulico	Buena
27+370	27+730	Concreto hidráulico	Buena
27+730	28+040	Concreto hidráulico	Buena
28+040	28+170	Concreto hidráulico	Buena
28+170	28+950	Concreto hidráulico	Buena
28+950	29+350	Concreto hidráulico	Buena
29+350	29+650	Concreto hidráulico	Buena
29+650	30+000	Concreto hidráulico	Buena
30+000	30+590	Concreto hidráulico	Buena
30+590	30+850	Concreto hidráulico	Buena
30+850	31+050	Concreto hidráulico	Buena
31+050	31+150	Concreto hidráulico	Buena
31+150	31+310	Concreto hidráulico	Buena
31+310	31+550	Concreto hidráulico	Buena
31+550	31+650	Concreto hidráulico	Buena
31+650	32+050	Concreto hidráulico	Buena
32+050	32+130	Concreto hidráulico	Buena
32+130	32+280	Concreto hidráulico	Buena
32+280	32+430	Concreto hidráulico	Buena
32+430	32+490	Concreto hidráulico	Buena
32+490	32+834	Concreto hidráulico	Buena
32+834	33+114	Concreto hidráulico	Buena
33+114	33+414	Concreto hidráulico	Buena
33+414	33+483	Concreto hidráulico	Buena

Fuente: Elaborado por los sustentantes

**Ancho de la Calzada**

En carreteras, el carril es la franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles. El conjunto de los carriles de una carretera forman la calzada. En nuestro caso los anchos de la calzada oscilan entre 4 y 8 metros por sentido, siendo un solo carril por sentido y

variando a lo largo del tramo para la ubicación de las bahías necesarias para transporte colectivo.

### **Hombros**

Los hombros son el área de seguridad para la maniobra de vehículos que sufren ocasionalmente desperfectos durante su recorrido, y como espacio para la circulación de motocicletas, bicicletas y peatones.

Se puede verificar en el tramo que el ancho de hombros predominante en ambos sentidos es de 1.80m, incluso en los pequeños tramos de la carretera donde no tiene hombro en ambos extremos por causa del terreno el ancho de hombros es de 1.80m, evitando de esta forma accidentes de tránsito inducidos por peatones y/o ciclistas que utilizan la carretera para desplazarse, debido a que estos tienen la medida necesaria para ser considerados ciclovías de un carril o sentido.

**Tabla 3**

TRAMOS		IZQUIERDA			DERECHA			CALZADA				
INICIO (Km)	FIN (Km)	DIST. AL DER. VIA	ANCHO CUNETAS	ANCHO HOMBRO	DIST. AL DER. VIA	ANCH O CUNETA	ANCHO HOMBRO	TOTAL DER. VIA (Mt)	SUP. ROD. (ANCH O)	COND. DREN. LONG.	TIPO DE SUP.	COND. DE ROD.
27+150	27+370	6.00	0.15	1.80	6.40	0.15	1.80	12.40	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
27+370	27+730	6.45	0.15	1.80	6.50	0.15	1.80	12.95	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
27+730	28+040	6.45	0.15	1.80	7.00	0.15	1.80	13.45	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
28+040	28+170	8.20	0.15	1.80	7.00	0.15	1.80	15.20	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
28+170	28+950	7.50	0.15	1.80	6.25	0.15	1.80	13.75	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
28+950	29+350	7.00	0.15	1.80	6.30	0.15	1.80	13.30	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
29+350	29+650	6.00	0.15	1.80	5.00	0.15	1.80	11.00	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
29+650	30+000	11.20	0.15	1.80	8.35	0.15	1.80	19.55	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
30+000	30+590	10.00	0.15	1.80	9.50	0.15	1.80	19.50	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
30+590	30+850	11.00	0.15	1.80	10.45	0.15	1.80	21.45	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
31+050	31+150	8.00	0.15	1.80	9.20	0.15	1.80	17.20	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
31+150	31+310	8.40	0.15	1.80	7.30	0.15	1.80	15.70	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
31+310	31+550	8.00	0.15	1.80	6.40	0.15	1.80	14.40	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
31+550	31+650	6.10	0.15	1.80	5.10	0.15	1.80	11.20	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
31+650	32+050	6.20	0.15	1.80	6.00	0.15	1.80	12.20	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
32+130	32+280	4.20	0.15	1.80	5.00	0.15	1.80	9.20	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
32+280	32+430	5.20	0.15	1.80	6.30	0.15	1.80	11.50	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
32+430	32+490	8.10	0.15	1.80	8.50	0.15	1.80	16.60	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
32+834	33+114	4.10	0.15	1.80	6.00	0.15	1.80	10.10	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
33+114	33+414	4.50	0.15	1.80	5.30	0.15	1.80	9.80	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena
33+414	33+483	3.35	0.15	1.80	2.45	0.15	1.80	5.80	8	Buena	Concreto Hidráulico	Buena

Fuente: Elaborado por los sustentantes

## BAHIAS DE BUSES

Es un dispositivo para brindar seguridad y refugio a los usuarios, estos deben ser instalados en zonas donde se generan focos de demanda de usuarios en la vía. A lo largo de los 6km que tiene la carretera NIC-4B podemos encontrar 6 bahías, 3 en cada sentido.

**Tabla 4**

ESTACIÓN	BANDA	
	IZQUIERDA	DERECHA
27+238		X
27+291	X	
29+843		X
29+900	X	
30+708		X
30+765	X	

Fuente: Elaborado por sustentantes

## SISTEMA DE DRENAJE

El objeto del drenaje en las carreteras, es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega a la misma, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue a la carretera. Para que una carretera tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por la misma destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cuentas se estanque originando pérdidas de estabilidad y asentamientos perjudiciales.<sup>15</sup>

El tipo de drenaje utilizado en la carretera NIC-4B es en su mayoría longitudinal, cuenta con drenajes mayores los cuales están ubicados en las intersecciones de la circunvalación y en determinados tramos de la misma donde las condiciones topográficas ameritan un drenaje artificial adyacente a la calzada.

---

<sup>15</sup> Tipos de obras de drenaje de mayor a menor, 2013; Kevin Pérez Valdivia, Nahara Pérez Pineda, Lorena Alfaro



## **INTERSECCIONES**

Se denomina intersección el área donde dos o más carreteras se interceptan, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose. A cada vía que sale o llega a una intersección se le puede identificar como ramal o acceso de la intersección. Dentro del área de una intersección, se realizan maniobras de divergencia o separación, convergencia o integración y cruce, a las cuales deben de añadir las maniobras de entrecruzamiento. Todas estas maniobras son fuentes de conflictos, no solo para el conductor, sino también para los otros conductores que se aproximan a la zona de conflicto.

El diseño de las intersecciones de una carretera debe corresponder en un todo a su función, responder así a las necesidades de los conductores de vehículos que se interceptan o mezclan en dicha área de encuentro.

La seguridad en las intersecciones, dependen en gran medida de su percepción por los usuarios, de la facilidad con que la geometría y como el funcionamiento de la misma es percibida desde lejos y en sus proximidades, y comprendida por automovilistas y peatones. En este sentido resulta interesante el mantenimiento de una cierta homogeneidad de las intersecciones en una misma carretera.

Las intersecciones a nivel de prioridad asignada a una de las corrientes de paso comienzan a ser peligrosas cuando el volumen de tránsito y la distribución sobre la carretera principal dificulta el acceso a los vehículos de la vía secundaria, forzando a los conductores de estos a utilizar intervalos cada vez más reducidos para introducirse en la intersección, con el consiguiente aumento del riesgo de colisión.

Las intersecciones del tramo son en su mayoría convencionales y canalizadas. Es decir que convergen o divergen las cruces en “+” dando prioridad al ramal principal, especialmente porque el ramal secundario no es perfectamente perpendicular al principal, cuenta también con 5 rotondas en las intersecciones más concurridas para facilitar el movimiento del tránsito.

Las intersecciones en la carretera en estudio presentadas en planos proporcionados por la policía y señalizada en el tramo de estudio son las siguientes:

**Tabla 5**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
27+410	Intersección Nindiri - Masaya
27+730	Rotonda Nindiri - Masaya - Las Flores – Tipitapa
29+355	Intersección Santa Teresa - El Comejen
29+720	Intersección Santa Teresa - El Comejen
30+420	Intersección Santa Teresa - El Carmen
30+645	Rotonda Tisma - San Jerónimo - Managua - Granada
30+860	Intersección Tisma - San Jerónimo
31+920	Intersección Villa Bosco Monge
32+470	Intersección Villa Bosco Monge – Comarca Los Cocos
32+815	Rotonda Catarina - Managua - Granada
33+325	Intersección Catarina - Las Flores

Fuente: Elaborado por sustentantes

Se realiza un aforo vehicular para identificar las intersecciones más importantes del tramo que se presentan en la tabla anterior. Dichas intersecciones fueron:

- Nindiri - Masaya
- Rotonda Masaya - Tipitapa
- Santa Teresa - El Carmen
- Rotonda Tisma - San Jerónimo
- Rotonda Catarina – Granada

## **DESCRIPCION DE LAS INTERSECCIONES**

### **✓ Nindiri - Masaya**

En una intersección a nivel, convencional y canalizada, que prioriza la entrada de los vehículos del ramal que vienen de la carretera NIC-4 entrando a la carretera

NIC-4B, siendo el ramal secundario el que viene de Nindiri a Masaya. El volumen de tránsito superior de los 2,000 vehículos por día, con una distribución del volumen que representa un promedio superior a los 200 vehículos/hora en la vía principal y superior a los 150 vehículos/hora en la vía secundaria. Necesita de dispositivos de control de tráfico que protejan a los automovilistas del ramal secundario que se integran a la intersección en los intervalos críticos, la geometría de la intersección permite a los usuarios a girar la cabeza en posiciones cómodas para tener visibilidad e ingresar a la intersección, al no tener ninguna obstrucción en la visibilidad de la misma.

#### ✓ **Rotonda Masaya - Tipitapa**

Esta rotonda es la encargada de unir los municipios de Tipitapa y Masaya facilitando la circulación de camiones en dirección a Masaya por medio de una vía alterna. El volumen vehicular es considerablemente fluido, incluso en horas pico debido al uso de dicha carretera no es muy transitada por los usuarios que desean volver a Managua desde Masaya o viceversa, optando en cambio por el uso de la carretera NIC-4 mejor conocida como Carretera Masaya.

#### ✓ **Intersección Santa Teresa - El Carmen**

Es una intersección en forma de + en la cual el ramal secundario no es perpendicular al principal pero gracias al diseño geométrico de esta permite un fácil ingreso para los vehículos que vienen del ramal secundario a principal y viceversa esto es gracias a la geometría tienen componentes de seguridad a pesar que su señalización horizontal se ha visto afectada con el paso del tiempo y el uso de la carretera.

#### ✓ **Rotonda Tisma - San Jerónimo**

Esta rotonda es la primera intersección entre Tisma y San Jerónimo la cual se encuentra cercana al tercer par de bahías de buses. No tiene vegetación cerca lo que permite una fácil visibilidad para los conductores que se acercan a esta, y permite que los peatones un acceso adecuado a la bahía de buses la cual se encuentra separa la rotonda de la intersección. Algunas de sus señales verticales

se han visto afectadas tanto por accidentes, condiciones climatológicas o vandalismo.

#### ✓ **Rotonda Catarina - Granada**

Esta rotonda en 3 direcciones distintas y asemeja a una intersección en forma de “Y”, es la penúltima de las rotondas ubicada dentro de la carreta NIC-4B. Tiene una buena visibilidad y acceso. Además cuenta con una buena señalización tanto vertical como horizontal.

### **SEÑALIZACION**

#### **SEÑALIZACION VERTICAL**

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, y para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Las señales verticales deberían usarse solamente donde justifiquen según un análisis de necesidades y estudios de campo, son esenciales donde rigen normativas especiales, tanto en lugares específicos como durante periodos de tiempo determinados, o donde los peligros no sean evidentes para los usuarios.

#### **Clasificación de los Dispositivos de Control de Tránsito:**

Según lo expuesto por el Manual Centroamericano de Dispositivos de Uniformes para el Control de Tránsito de la SIECA y de conformidad con el Acuerdo Centroamericano sobre Señales Viales Uniformes, y el Manual Interamericano del 2000, los cuales son consistentes entre sí, los dispositivos se clasifican en tres categorías según su función:

##### ➤ Dispositivos/ Señales de Reglamentación:

Tienen como función informar a los usuarios sobre las disposiciones de la reglamentación del tránsito vigente y la prioridad de paso, la existencia de ciertas

limitaciones prohibiciones y restricciones que regulan el uso de la vía o suministrar indicaciones exactas para que actúen en determinada forma. La transgresión de las indicaciones de estos dispositivos constituye una contravención, que se sanciona conforme a la ley o reglamento de tránsito de cada país.

➤ Dispositivos/ Señales de Prevención (Advertencia de peligro):

Cumplen la misión de prevenir a los usuarios de la vía de peligros existentes y su naturaleza.

➤ Dispositivos/ Señales de Información:

Tienen como objeto guiar al usuario de la vía hacia el lugar de destino, proporcionándoles toda aquella información que puede serle útil para las tareas de navegación, orientación y guía, proporcionarle cualquier otra indicación que pueda ser de interés para él, en especial para los turistas.

**Requisitos que deben de cumplir los dispositivos de control de Tránsito**

Las señales verticales deben cumplir con los siguientes requisitos fundamentales:

- Satisfacer una necesidad importante.
- Llamar la atención.
- Transmitir un mensaje claro.
- Imponer respeto a los usuarios.
- Guiar al usuario a lo largo del camino, convencerlo de modificar su comportamiento al volante.
- Estar en el lugar apropiado, a fin de darle tiempo para reacción.

En la siguiente tabla proporcionada por la Policía Nacional Departamento de Tránsito se muestra la clasificación y cantidad de Señales Verticales que fueron diseñadas para el tramo en estudio, en los anexos se podrá apreciar un informe más detallado del estado actual de estos dispositivos de control de tránsito.

**Tabla. Cantidad de Señales Verticales Actuales (Agosto 2013) en el Tramo en estudio “Nindiri – Las Flores”.**

**Tabla 6**

<b>Descripción de las señales verticales en la Circunvalación de Masaya</b>			
<b>Código</b>	<b>Mensaje</b>	<b>Tamaño (m)</b>	<b>Cantidad</b>
ID-1-1	Informativa de destino	1.00 X 0.30	1
ID-1-2	Informativa de destino	1.00 X 0.61	4
ID-1-3	Informativa de destino	1.00 X 0.91	7
ID-2-2	Informativa de destino	2.40 X 0.75	3
ID-3-23	Informativa de destino	3.00 X 2.44	16
ID-3-7	Informativa de destino	3.00 X 2.44	5
ID-3-8	Informativa de destino	3.00 X 2.44	1
P-10-1	Ganado en la vía	0.762 X 0.762	4
P-1-9	Delineador Chevron	0.571 X 0.762	55
P-2-1	Intersección en Cruz	0.762 X 0.762	20
P-2-1 + P-1-14	Intersección 30 KPH	0.762 X 0.762 + 0.381 X 0.761	2
P-2-3	Intersección a la izquierda	0.762 X 0.762	1
P-3-4	Rotonda	0.762 X 0.762	2
P-3-4 + P-1-14	Rotonda 30 KPH	0.762 X 0.762 + 0.381 X 0.761	13
R-10-1	Parada de bus	0.914 X 0.610	6
R-1-1	Alto	0.25 X 0.25	17
R-1-2	Ceda el Paso	0.762 X 0.762	53
R-13-1	No adelantar	0.914 X 0.610	4
R-2-1	60 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	9
R-2-1	40 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	6
R-2-1 + P-2-1	40 KPH intersección en cruz	0.914 X 0.610 + 0.762 X 0.762	1
R-3-4 <sup>a</sup>	No girar a la izquierda	0.914 X 0.610	2
<b>TOTAL</b>			<b>232</b>

Fuente: Levantamientos de campo (Agosto 2013)

Características de los estados en que se encuentran:

- Mal Estado: Entiéndase por señales en mal estado a las estructuras verticales de señales de tránsito que presentan deterioro total, están pintadas o incluso caídas sobre la vía.

**Imagen 1**



- Estado Regular: Entiéndase por señales en estado regular a aquellas Señalizaciones Verticales que presentan poco deterioro o son tapadas por capas de vegetación.

**Imagen 2**



- Buen Estado: Entiéndase por señales en buen estado a aquellas estructuras verticales de carácter informativas, preventivas y reglamentarias que se presentan en óptimas condiciones para ejecutar su función.

### Imagen 3



De la tabla 6 en la pág. 36 del documento basándonos en los estados indicados anteriormente se pudo obtener la siguiente tabla:

**Tabla 7**

Totales	Señales en buen estado	Señales en estado regular	Señales en mal estado	Señales faltantes
Cantidad	77	19	43	93
Porcentaje	33.19	8.19	18.53	40.09

Fuente: Elaborada por los sustentantes

El estado de las señales verticales a lo largo de los 6 kilómetros de estudio no varía mucho. Como se aprecia en el cuadro anterior el 33.19% de las señales actuales están en buen estado físico debido a que se encuentran limpias, legibles y llaman la atención del conductor. En el 66.81% restante están las señales verticales en estado regular, malo o faltan. Estas señales deben de ser cambiadas ya que presentan manchas de grafiti, aristas dobladas, calcomanías, han sido dañadas o completamente removidas en accidentes ocurridos en la carretera o han sido robadas o removidas por parte de la sociedad.

Las señales de tránsito tienen la finalidad de advertir e informar a los usuarios de la vía, así como ordenar y reglamentar el comportamiento de los conductores. Es vital conocerlas y obedecerlas. En nuestro país lamentablemente el robo y



deterioro de las señales verticales es un crimen silencioso. Muchas personas por falta de educación vial o por intención de perjudicar al patrimonio, modifican el contenido y colocan carteles sobre o frente a señales de tránsito de cualquier tipo.

Estas alteraciones antirreglamentarias inducen los conductores a la confusión por que se reducen la visibilidad y eficacia de la señal vertical, deslumbran a los usuarios de la vía o distraen su atención, lo cual es un factor de los accidentes de tránsito que provocan pérdidas tanto materiales como humanas.

Los dispositivos de control de tránsito requieren un mantenimiento físico por la entidad que les compete (MTI, FOMAV, Alcaldía), y también se requiere mantenimiento funcional para ajustar los dispositivos de control requeridos, a las condiciones actuales de la vía, para así remover los dispositivos innecesarios. El hecho de que un dispositivo esta en buena condición física no debe ser la base para posponer un reemplazo o cambio justificado.

A lo largo del tramo se aprecia varias señales verticales que deben de ser reubicadas, para que cumpla mejor su razón de ser, otras hay que cambiarlas por deterioro y manchas. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de señales verticales que faltan al tramo en estudio en comparación con las que fueron levantadas hace tres años por la policía:

**Tabla 8**

<b>Descripción de las señales verticales en la Circunvalación de Masaya</b>			
<b>Código</b>	<b>Mensaje</b>	<b>Tamaño (m)</b>	<b>Señales faltantes</b>
R-1-1	Alto	0.25 X 0.25	8
R-1-2	Ceda el paso	0.762 X 0.762	29
R-13-1	No adelantar	0.914 X 0.610	1
R-2-1	60 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	1
R-2-1	40 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	2
R-2-1 + P-2-1	40 KPH intersección en cruz	0.914 X 0.610 + 0.762 X 0.762	1
R-3-4 <sup>a</sup>	No girar a la izquierda	0.914 X 0.610	1
P-1-9	Delineador Chevron	0.571 X 0.762	8
P-2-1	Intersección en Cruz	0.762 X 0.762	13
P-3-4 + P-1-14	Rotonda 30 KPH	0.762 X 0.762 + 0.381 X 0.761	10
ID-1-2	Informativa de destino	1.00 X 0.61	3
ID-1-3	Informativa de destino	1.00 X 0.91	1
ID-2-2	Informativa de destino	2.40 X 0.75	2
ID-3-23	Informativa de destino	3.00 X 2.44	10
ID-3-7	Informativa de destino	3.00 X 2.44	5
ID-3-8	Informativa de destino	3.00 X 2.44	1

Fuente: Elaborado por sustentantes

### Postes Kilométricos

Los postes kilométricos son una señal especial, pues no solamente informan al conductor de su ubicación respecto al inicio y final del viaje, sino que es usado por las autoridades para control de tráfico, de accidentes y para mantenimiento y rehabilitación. Hay puntos donde los postes no se podían poner por que la topografía presentaba obstáculos. El equipo de trabajo entiende que hay ciertas condiciones en la que la instalación de los postes no es posible, pueden tomarse medidas como hacer la marcación con pintura en el pavimento.

### Postes Guías

Los postes guía se utilizan para que las orillas de los caminos sean mejor apreciados por los conductores, en especial cuando las condiciones topográficas

de mismas representan un peligro para los usuarios, son utilizados en las curvas con el propósito de mejorar el efecto visual de perspectiva para que los conductores se mantengan dentro de las mismas y en sus respectivos carriles, y se utilizan como base para la colocación de señales verticales.

Se encontró durante el levantamiento que los postes guía existentes aunque están visibles en su totalidad no son la cantidad adecuada para la geometría de la carretera:

**Tabla 9**

<b>Proyecto Circunvalación Masaya</b>						
<b>Postes Guías</b>				<b>Fecha: octubre 2015</b>		
<b>Estación</b>		<b>Long</b>	<b>Separación (m)</b>	<b>Postes Guías</b>		<b>Observaciones</b>
<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>			<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	
27+150	27+370	220	20	2	11	
27+370	27+730	360	20	3	10	
27+730	28+040	310	20	3	9	
28+040	28+170	130	20	11	9	
28+170	28+950	780	20	10	10	
28+950	29+350	400	20	11	11	
29+350	29+650	300	20	11	11	
29+650	30+000	350	20	10	12	
30+000	30+590	590	20	11	15	
30+590	30+850	260	20	13	14	
30+850	31+050	200	20	10	11	
31+050	31+150	100	20	11	11	
31+150	31+310	160	20	9	8	
31+310	31+550	240	20	5	2	
31+550	31+650	100	20	5	3	
31+650	32+050	400	20	4	6	
32+050	32+130	80	20	4	6	
32+130	32+280	150	20	11	4	
32+280	32+430	150	20	6	4	
32+430	32+490	60	20	6	6	
32+490	32+834	344	20	5	4	
32+834	33+114	280	20	15	10	
33+114	33+414	300	20	13	9	
33+414	33+483	69	10	13	9	
<b>Total</b>				<b>202</b>	<b>205</b>	

Fuente: Elaborado por sustentantes

## **Defensas Metálicas**

Son un mecanismo de seguridad que tiene la función de absorber impactos de los vehículos hasta en un ángulo de 20 grados para evitar que los mismos se salgan del camino o invadan carriles opuestos en eventos inesperados. Actualmente solo se usan láminas de acero de alta resistencia que puedan soportar impactos y absorber la fuerza de la colisión para minimizar los daños del impacto a los ocupantes y al vehículo.

La forma de instalación será aquella que permita un adecuado encausamiento de los vehículos fuera de control, y se deberá señalizar, para alertar al conductor que desplaza en una zona de peligro, ya sea por alineamientos defectuosos del camino o accidentes topografía de la vía, estas deben ubicarse en curvas peligrosas o tangentes con terraplenes altos o en balcones.

Las defensas metálicas encontradas en la carretera en estudio se encuentran mal instaladas, sus extremos no proveen la seguridad necesaria, no están a la altura reglamentaria, algunas se encuentran en mal estado por accidentes anteriores y no tienen la longitud necesaria para cumplir su función en el caso de algún vehículo colisione directamente con estas. De la misma forma se presentan discontinuidades en las defensas metálicas las cuales son debido a intersecciones que no aparece en los planos de diseño de la carretera proporcionados por la policía o son entradas a propiedades privadas. Dichas intercesiones y propiedades no se encuentran señalizadas ni horizontal, ni verticalmente y presenta un peligro para los usuarios de la vía ya no cuentan con las medidas de seguridad necesarias. No cuentan con pintura reflectiva de tipo amarillo tránsito ni marcadores tipo Chevron para indicar la dirección del tráfico durante la noche o cuando el clima reduzca la visibilidad como lo puede ser la presencia de neblina o lluvias.

**Tabla 10**

<b>Proyecto Circunvalación Masaya</b>					
<b>Defensas Metálicas</b>			Fecha: octubre 2015		
<b>Estación</b>		<b>Long</b>	<b>Defensa Metálica (m)</b>		<b>Observaciones</b>
<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	
27+150	27+370	220		220	
27+370	27+730	360		300	
27+730	28+040	310		480	
28+040	28+170	130			
28+170	28+950	780	100	80	
28+950	29+350	400			
29+350	29+650	300	100	100	
29+650	30+000	350			
30+000	30+590	590		20	
30+590	30+850	260			
30+850	31+050	200			
31+050	31+150	100	120		
31+150	31+310	160			
31+310	31+550	240			
31+550	31+650	100	100		
31+650	32+050	400		100	
32+050	32+130	80		80	
32+130	32+280	150	100		
32+280	32+430	150			
32+430	32+490	60			
32+490	32+834	344	120		
32+834	33+114	280		100	
33+114	33+414	300			
33+414	33+483	69			
<b>Total</b>			640	1480	

Fuente: Elaborado por sustentantes

Algunos ejemplos de la situación actual de la carretera son los siguientes:

#### Defensas metálicas dañadas

Son aquellas defensas metálicas que han sido dañadas por colisiones o factores climáticos.

**Imagen 4**



**Ubicación: Estación 31 + 920**

**Imagen 5**



**Ubicación: Estación 29 + 355**

**Imagen 6**

Defensas Metálicas sin protección en los extremos



**Ubicación: Estación 28 + 040**

La correcta instalación de las defensas metálicas establece que los extremos deben ser empotrados en la dirección por donde se aproxima la corriente vehicular o deben tener elementos de seguridad especialmente diseñados para que los mismos no sobresalgan hacia la vía y no provoquen el *efecto lanza* en caso de una colisión frontal hacia dichos extremos y atenten contra la integridad física de conductores y peatones, agravando la situación.

## SEÑALIZACION HORIZONTAL

La señalización horizontal es el complemento y auxilio de las señales verticales, cumplen un importante elemento de seguridad al ubicar exactamente a los conductores en los espacios correspondientes las marcas de flechas direccionales, retenidas vehiculares, las islas canalizadoras, cruce peatonales, pintado de bordillo, contribuyen a una ubicación correcta a los conductores y peatones.

### Situación Actual

La señalización horizontal del tramo en estudio estaba deteriorada en gran medida al momento del levantamiento en campo de este elemento de la carretera, razón por la cual se realizó un levantamiento lo más óptimo y fiel posible:

**Tabla 9**

Ubicación y Descripción de Líneas Centrales							
Proyecto: Circunvalación de Masaya					Fecha: octubre 2015		
Desde	Hasta	Long	Línea Central		Línea Discontinua		Observación
			Continua	Discont.	Derecha	Izquierda	
27+150	31+140	3990	3990				
30+910	31+140	230					
31+140	31+280	140					
31+280	31+510	230					
31+280	32+750	1490	1470				
31+990	32+210	220					
32+210	32+430	220					
32+814	33+474	660	660				
<b>Total</b>			<b>6120</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Fuente: Elaborado por sustentantes

Al momento del levantamiento de campo se observó que la línea central no podía distinguirse en todo momento, tampoco contaba con línea discontinua para permitir al conductor adelantar carril, razón la cual al realizar el estudio comprueba como los conductores adelantaban incluso en curvas utilizando el carril del sentido contrario a pesar que muchos casos era posible divisar la

aproximación de otros vehículos en la mayoría de los casos camiones, los cuales estaban transitando por el carril siendo utilizado para adelantar. La señalización horizontal fue realizada con pintura termoplástica con microesferas, la cual es un tipo de señalización usada mundialmente por su alta resistencia al desgaste y de ser aplicada correctamente tiene una vida útil de 2 a 8 años dependiendo del flujo de tránsito. Motivo por el cual presenta un alto grado de deterioro al ser una carretera que ha estado en servicio por 7 años siendo utilizada mayormente para la circulación de camiones y vehículos pesados.



## **CAPITULO III: AFORO VEHICULAR**

### **INTRODUCCION**

Un buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del periodo seleccionado de diseño, sea que se trate de una nueva carretera o de una carretera existente que se propone reconstruir o ampliar. Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

La medición de los volúmenes de tránsito vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras. En las intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los accesos a las mismas, durante periodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

### **OBTENCION DE LOS VOLUMENES DE TRÁFICO**

El equipo de trabajo decidió que los conteos vehiculares se realizarían en las intersecciones más importantes del tramo, y no, en los tramos de carretera entre ellas. Esta metodología que difiere de la practicada académicamente permitió que las intersecciones funcionen como punto inicial y final de los sub-tramos de la carretera. Los volúmenes de tránsito por dirección de los movimientos proporcionan los datos básicos que permiten un mejor entendimiento de las particularidades del diseño y funcionamiento de dichos tramos.

Los conteos se realizaron según recomendaciones del departamento de Ingeniería Vial de la PN los días lunes, miércoles y viernes; Y no según el procedimiento de los aforistas del departamento de planificación del MTI en el que las estaciones sumarias de conteo trabajan martes, miércoles y viernes.

En este proceso, el equipo de trabajo contó con el apoyo de compañeros egresados de la carrera de Ingeniería Civil que tenían los conocimientos necesarios para el estudio: Guisselle Hernández y.

### Volúmenes y clasificación

El formato utilizado es una modificación de la tabla empleada por los aforistas en las estaciones permanentes del MTI. La tabla cuenta dos direcciones para cada ramal en cada intersección, 12 horas consecutivas, de 6am a 6pm. La tipología de vehículos se reunió en tres: *vehículos livianos*, *buses* y *camiones*; a esta clasificación corresponden los automotores representados por el vehículo tipo, es decir, que los automóviles que recorrieron la carretera en un solo sentido se contabilizaron, según su tipo, en alguna de las 3 columnas de la tabla. Así se logró que una sola persona contara dos sentidos en un solo formato.

Los conteos se realizaron 3 días en cada intersección, tomando en cuenta para el estudio sólo el día más crítico en cada punto, como detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 10**

INTERSECCIÓN	AFORO (veh/día)			AFORO (FECHA)		
	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
Santa Teresa – El Comejen	22,128	23,603	21,537	08-Feb	10-Feb	12-Feb
Santa Teresa – El Carmen	8,135	8,720	9,408	22-Feb	24-Feb	26-Feb
Tisma – San Jerónimo	5,120	6,381	6,002	29-Feb	2-Mar	04-Mar
Las Flores	6,927	5,938	6,742	14-Mar	16-Mar	18-Mar

Fuente: Elaborado por sustentantes

Los volúmenes encontrados en los días críticos fueron los siguientes:

**Tabla 11**

Santa Teresa – El Comejen

ARRIBO	ENTRADA	SALIDA
Masaya – Granada	11,002	11,124
Granada – Masaya	9,550	8,354
Santa Teresa – Masaya	3,051	4,125
<b>TOTAL</b>	<b>23,603</b>	<b>23,603</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

**Tabla 12**

Santa Teresa – El Carmen

ARRIBO	ENTRADA	SALIDA
Masaya – Granada	4,755	4,301
Granada – Masaya	4,301	4,528
Santa Teresa – Masaya	352	579
<b>TOTAL</b>	<b>9,408</b>	<b>9,408</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

**Tabla 13**

Tisma – San Jerónimo

ARRIBO	ENTRADA	SALIDA
Masaya – Granada	3,574	3,235
Granada – Masaya	2,401	2,679
Tisma – Granada	406	467
<b>TOTAL</b>	<b>6,381</b>	<b>6,381</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

**Tabla 14**

Las Flores

ARRIBO	ENTRADA	SALIDA
Masaya – Granada	3,454	2,128
Granada – Masaya	2,128	3,345
Las Flores – Granada	1,345	1,454
<b>TOTAL</b>	<b>6,927</b>	<b>6,927</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

**Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

Se define Tránsito promedio diario anual o TPDA, al volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de tiempo determinado, que es mayor a de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del

tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales.

Para obtener el TPDA se utilizó el anuario del 2015 elaborado por el MTI. Utilizamos la carretera NIC-4 al ser el punto de control más cercano al tramo de carretera en estudio.

**Tabla 15**

Conteo1																			
Camino:	NIC-4	Estación:	401	Tramo:	MASAYA - GRANADA			Periodo	S	Días:	7	Horas:		Mes/Año	Abril	2015	Km:	32.000	
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.	Otros		
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21		
TP(D)	1519	2880	780	1602	503	395	251	530	205	44	0	199			0		16	8923	
Factor Dia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Expansión	1.01	0.98	0.99	0.98	0.95	0.97	0.95	0.97	1.03	1.06	1.00	0.61	1.00	1.00	3.33	1.00	0.78		
TPDA Ene-Abr	1528	2835	774	1563	480	383	237	512	210	47		122					12	8,703	
% TPDA	17.56	32.57	8.89	17.96	5.52	4.40	2.72	5.88	2.41	0.54		1.40					0.14	100.00	
% Vehiculos Livianos		86.90%						% Vehiculos Pesados						12.96%			0.14%	100.00%	

Fuente: Anuario de trafico 2015, pág. 306

**Tabla 16**

Conteo2																			
Camino:	NIC-4	Estación:	401	Tramo:	MASAYA - GRANADA				Periodo	S	Días:	7	Horas:		Mes/Año	Junio	2015	Km:	32.000
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.	Otros		
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	1406	2794	792	1510	430	391	224	496	227	41		83			1	0	9	8406	
Factor Dia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Expansión	1.09	1.01	0.98	1.03	1.12	0.98	1.06	1.03	0.92	1.13	1.00	1.46	1.00	1.00	0.48	1.00	1.40		
TPDA May-Ago	1528	2835	774	1563	480	383	237	512	210	47		122					12	8,703	
% TPDA	17.56	32.57	8.89	17.96	5.52	4.40	2.72	5.88	2.41	0.54		1.40					0.14	100.00	
% Vehiculos Livianos	86.90%			% Vehiculos Pesados								12.96%			0.14%			100.00%	

Fuente: Anuario de trafico 2015, pág. 307

**Tabla 17**

Conteo3																			
Camino:	NIC-4	Estación:	401	Tramo:	MASAYA - GRANADA				Periodo	S	Días:	7	Horas:		Mes/Año	Oct. 2015	Km:	32.000	
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus s <15 s.	MnBus s 15- 30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.	Otros		
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	1659	2829	751	1575	507	363	237	511	198	55		83			0		12	8780	
Factor Dia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Factor Expansión	0.92	1.00	1.03	0.99	0.95	1.05	1.00	1.00	1.06	0.85	1.00	1.47	1.00	1.00	1.67	1.00	1.00		
TPDA Sep-Dic	1528	2835	774	1563	480	383	237	512	210	47		122					12	8,703	
% TPDA	17.56	32.57	8.89	17.96	5.52	4.40	2.72	5.88	2.41	0.54		1.40					0.14	100.00	
% Vehiculos Livianos		86.90%						% Vehiculos Pesados						12.96%			0.14%		100.00%

Fuente: Anuario de trafico 2015, pág. 308

## Horas Pico y Factor Pico Horario

La carretera se dividió en segmentos de menor longitud, utilizando las principales intersecciones como puntos iniciales y finales. Así se obtuvieron 3 tramos: Masaya – Santa Teresa, Santa Teresa – Tisma; y Tisma - Granada.

La *hora pico* se determinó con el método de los volúmenes equivalentes para encontrar la hora exacta de mayor demanda. Se procedió a las sumatorias correspondiente para cada segmento del tramo en estudio.

El *Factor Pico Horario* calculado es el FPH real, determinado con la siguiente fórmula:

$$FPH = \frac{VHP}{4 \times V15} \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde:

FPH: Factor Pico Horario

VHP: Volumen de Hora Pico

V15: Volumen del periodo de 15 minutos de mayor demanda en la hora pico

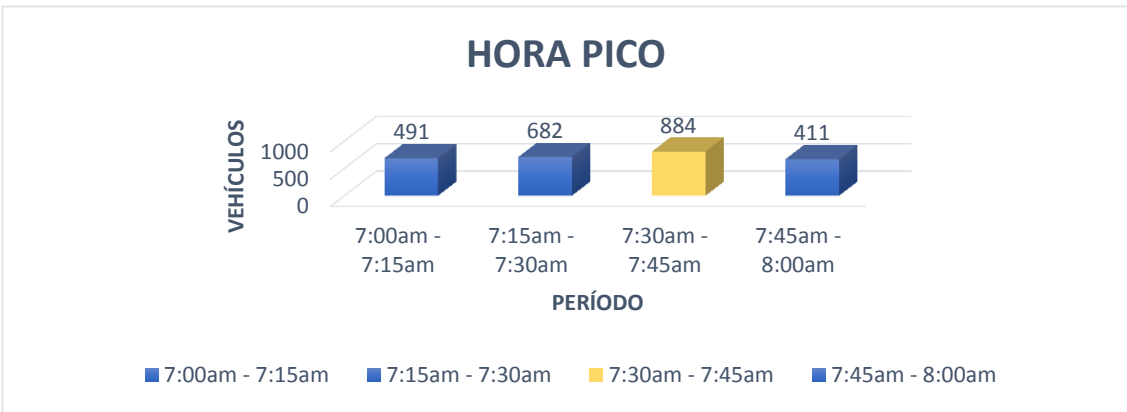
Los resultados para cada segmento son los siguientes:

Masaya – Santa Teresa

Hora Pico: 7:00 – 8:00 am = 2,468 veh

FHP: 0.697

**Gráfico 1**



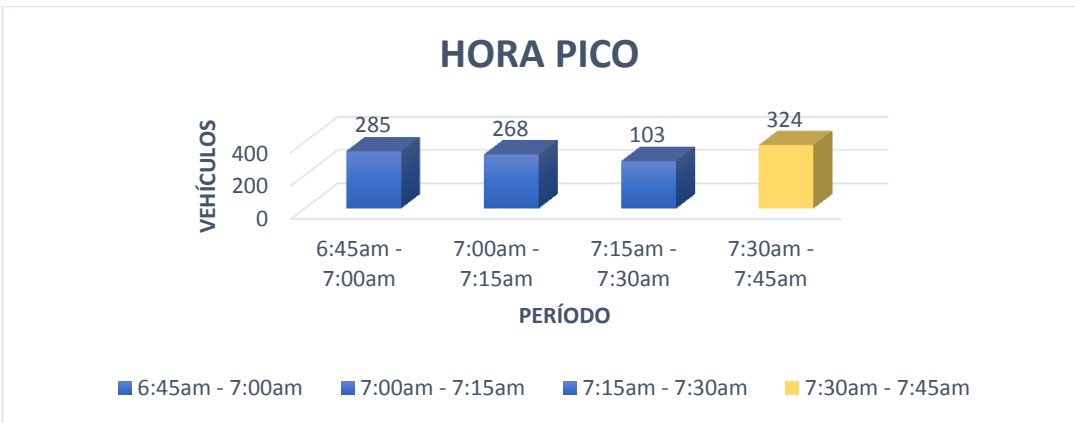
**Fuente: Elaborado por sustentantes**

*Santa Teresa – Tisma*

Hora Pico: 6:45 am – 7:45 am = 980 veh

FPH: 0.760

**Gráfico 2**



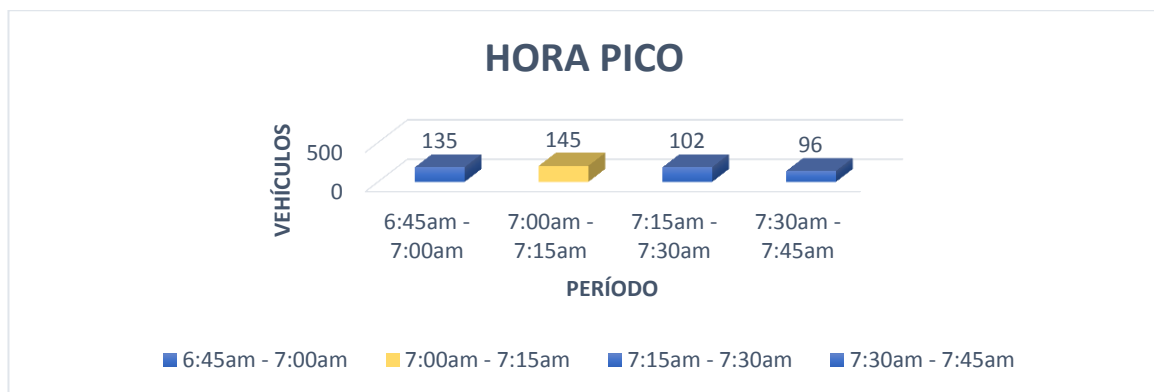
**Fuente: Elaborado por sustentantes**

*Tisma – San Jerónimo*

Hora Pico: 6:45 – 7:45 am = 478

FPH: 0.824

**Gráfico 3**



**Fuente: Elaborado por sustentantes**

### **NIVELES DE SERVICIO**

En la ecuación oferta-demanda de una carretera, del lado de la demanda se sitúa el volumen de diseño, que es el volumen de tránsito horario proyectado para el periodo de diseño, mientras que la oferta, por su parte, se mide mediante la capacidad, que es el volumen máximo horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o sección de la carretera.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que pertenece diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

Bajo condiciones ideales del tránsito y de la vía, las autopistas de dos carriles tienen una capacidad de 1,000 automóviles o vehículos livianos por carril por hora. En carreteras de dos carriles normalmente se alcanzan capacidades de 2,800 automóviles por hora en ambos sentidos de circulación, teniendo un carril por sentido.

Es por estas simples consideraciones, que las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad. El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestionamiento alcance los niveles preseleccionados por el diseñador.

*The Highway Capacity Manual* establece seis niveles de servicio, identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, donde el nivel de servicio A logra un flujo vehicular totalmente libre, mientras que el nivel de servicio F alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la vía.

El procedimiento para el cálculo de capacidades y niveles de servicio de la carretera se describe a continuación, en base a la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de la Carreteras, en su versión de 1994.

El cálculo del flujo de servicio ( $S_{fi}$ ) de la carretera en los tramos de 2 carriles se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{fi} = 2,800 \times \left(\frac{v}{c}\right) \times f_d \times f_w \times f_{hv} \times f_p \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

$S_{fi}$ = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado

2,800= Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora

$V/c$ = Relación volumen/ capacidad del nivel de servicio

$F_d$ = Factor de distribución direccional del tránsito

$F_w$ = Factor para anchos de carril y hombros

$F_{hv}$ = Factor de vehículos pesados

$F_p$ = Factor de pendientes específicas

El factor de vehículos pesados,  $f_{hv}$ , para cada nivel de servicio se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_{hv} = \frac{1}{[1+PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)]} \text{ (Ecuación 3)}$$

Los factores (ET), (EB) y (ER), son equivalencias de automóviles para camiones, buses y vehículos recreativos respectivamente. Todos los valores de los factores son tomados de las tablas del HCM en su capítulo 8, referente a carreteras de dos carriles.



El cálculo del flujo de servicio (Sfi) de la carretera en los tramos de 4 carriles se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$Sfi = 2,800 \times N \times \left(\frac{v}{c}\right) \times fd \times fw \times fhv \text{ (Ecuación 4)}$$

Dónde:

N= Número de carriles por sentido

La carretera se dividió en segmentos de menor longitud, utilizando las principales intersecciones como puntos iniciales y finales. Así se obtuvieron 3 tramos: Santa Teresa – El Comejen, Santa Teresa – El Carmen, Tisma – San Jerónimo.

### **Tramo Santa Teresa – El Comejen**

La información del tramo es la siguiente:

**Tabla 18**

ELEMENTOS DEL TRÁFICO		ELEMENTOS DE LA CARRETERA	
FACTOR	VALOR	FACTOR	VALOR
VHP	2468 veh	VELOCIDAD DE PROYECTO	60 mph
DISTRIBUCION DIRECCIONAL	60/40	ANCHO DE CARRIL	3.35m
CAMIONES %	69	TIPO DE TERRENO	Plano
BUSES %	21	ANCHO DE HOMBROS	1.2m
AUTOS %	10	RESTRICCION DE REBASE	20%
FHP	0.697		

Fuente: Elaborado por sustentantes

En este tramo se encontró con la hora pico que el nivel de servicio es “E”, un nivel que revela un congestionamiento considerable y una fragilidad a la inmovilización del flujo en cualquier momento que acontezca un accidente de tránsito. Sin embargo, el tramo no requiere del diseño de un carril adicional, debido a que el congestionamiento solo dura un par de horas dentro de las 24 que tiene un día, además de que el fenómeno no se repite con la misma intensidad todos los días de la semana.

**Tabla 19**

Sfi	Cj	N	v/c	fd	fw	fhv	Capacidad
A	2800	1	0.12	0.94	0.75	0.75	179
B	2800	1	0.24	0.94	0.75	0.72	340
C	2800	1	0.39	0.94	0.75	0.72	552
D	2800	1	0.62	0.94	0.75	0.78	954
E	2800	1	1	0.94	0.88	0.78	1805

Fuente: Elaborado por sustentantes

### Tramo Santa Teresa – El Carmen

La información del tramo es la siguiente:

**Tabla 20**

ELEMENTOS DEL TRÁFICO		ELEMENTOS DE LA CARRETERA	
FACTOR	VALOR	FACTOR	VALOR
VHP	980	VELOCIDAD DE PROYECTO	60 mph
DISTRIBUCION DIRECCIONAL	50/50	ANCHO DE CARRIL	3.35m
CAMIONES %	55	TIPO DE TERRENO	Plano
BUSES %	30	ANCHO DE HOMBROS	1.20m
AUTOS %	15	RESTRICCION DE REBASE	0%
FHP	0.760		

Fuente: Elaborado por sustentantes

En este tramo se encontró con la hora pico que el nivel de servicio es “D”, una situación muy parecida al tramo anterior, en el cual el nivel de servicio revela un congestionamiento considerable y una fragilidad a la inmovilización del flujo en cualquier momento que acontezca un accidente de tránsito. Además también se repite la condición de que el congestionamiento solo dura un par de horas al día.

**Tabla 21**

<b>Sfi</b>	<b>Cj</b>	<b>N</b>	<b>v/c</b>	<b>fd</b>	<b>fw</b>	<b>fhv</b>	<b>Capacidad</b>
<b>A</b>	2800	2	0.15	0.94	0.75	0.75	238
<b>B</b>	2800	2	0.27	0.94	0.75	0.72	406
<b>C</b>	2800	2	0.43	0.94	0.75	0.72	647
<b>D</b>	2800	2	0.64	0.94	0.75	0.78	1047
<b>E</b>	2800	2	1	0.94	0.88	0.78	1920

Fuente: Elaborado por sustentantes

### Tramo Tisma – San Jerónimo

La información del tramo es la siguiente:

**Tabla 22**

<b>ELEMENTOS DEL TRÁFICO</b>		<b>ELEMENTOS DE LA CARRETERA</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>VALOR</b>	<b>FACTOR</b>	<b>VALOR</b>
<b>VHP</b>	<b>478</b>	<b>VELOCIDAD DE PROYECTO</b>	<b>60 mph</b>
<b>DISTRIBUCION DIRECCIONAL</b>	<b>50/50</b>	<b>ANCHO DE CARRIL</b>	<b>3.35m</b>
<b>CAMIONES %</b>	<b>49</b>	<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>Plano</b>
<b>BUSES %</b>	<b>29</b>	<b>ANCHO DE HOMBROS</b>	<b>3.35</b>
<b>AUTOS %</b>	<b>22</b>	<b>RESTRICCION DE REBASE</b>	<b>40%</b>
<b>FHP</b>	<b>0.824</b>		

Fuente: Elaborado por sustentantes

En este tramo se encontró con la hora pico que el nivel de servicio es “C”. Dicho nivel revele una mínima congestión, no tan severa como en los tramos anteriores y que dada la geometría, la fragilidad ante la inmovilización del flujo debido a un accidente de tránsito dependería de la magnitud del mismo. De la misma manera que los tramos anteriores, los niveles de saturación no son permanentes durante todo el día, por lo que no requiere de un rediseño geométrico.

**Tabla 23**

<b>Sfi</b>	<b>Cj</b>	<b>N</b>	<b>v/c</b>	<b>fd</b>	<b>fw</b>	<b>fhv</b>	<b>Capacidad</b>
<b>A</b>	2800	2	0.15	0.94	0.75	0.75	143
<b>B</b>	2800	2	0.27	0.94	0.75	0.72	316
<b>C</b>	2800	2	0.43	0.94	0.75	0.72	542
<b>D</b>	2800	2	0.64	0.94	0.75	0.78	982
<b>E</b>	2800	2	1	0.94	0.88	0.78	1920

Fuente: Elaborado por sustentantes

## **ESTUDIO DE VELOCIDADES**

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales han sobrepasado los límites de diseño para este tipo de carretera según los reglamentos utilizados en el país.

Así, por la razón anterior, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

El método utilizado fue el de velocidad de punto o mejor conocida como velocidad instantánea, que consiste registrar la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de la carretera. Se utilizó un radar de velocidades, captando la información a 100 metros y así obtener el dato de la velocidad.

Los puntos para la recolección de datos de velocidades en la carretera en estudio se determinaron bajo los siguientes criterios:

- Los tramos donde se observó que el flujo vehicular iba a exceso de velocidad.
- Los estacionamientos donde había señalización reglamentaria para el control de velocidad máxima.
- Los puntos donde las condiciones geométricas de la carretera varían.

Para la recolección de datos, se utilizó un formato de campo, donde se especifica el tipo de vehículo, la velocidad con la que circulaba y la estación donde se obtuvieron los datos

**Los puntos seleccionados a lo largo del tramo son:**

- Estación 29+500: En esta estación del tramo en estudio, el ancho del carril y la carpeta de rodamiento son propicios para que los automovilistas alcancen altas velocidades, pero el tramo posee curva horizontal abierta la cual tiene una óptima visibilidad, debido a que es una carretera para el uso de vehículos pesados esta tiene una restricción de 30 km/h como velocidad máxima.
- Estación 31+500. En esta estación se conservan las características geométricas de la estación anterior con restricción de velocidad máxima a 30km/h.
- Estación 27+300. En esta estación lo que representa un peligro son los vehículos de transporte interurbano que adelantan en esta zona prohibida.
- Estación 33+000. En esta estación la velocidad con la que entran a la rotonda los vehículos livianos es más de 40km/h.

Para la recolección de datos el formato diseñado por el equipo de trabajo tenía espacio para medir la velocidad de 480 vehículos por sentido. Por razones de logística y obedeciendo las recomendaciones de la oficina de Ingeniería Vial de la PN para mantener la muestra aleatoria, se medía durante dos horas la velocidad instantánea de los vehículos o hasta que se acabara el formato de campo.

Las muestras fueron recolectadas con un equipo de oficiales del departamento de Ingeniería vial de la PN vestidos de civil los cuales facilitaron los equipos utilizados para la medición de velocidades instantáneas; el equipo era un par de radares marca MPH, modelo portátil “Z-35” de baterías recargables y un alcance

de 1milla. El estudio se realizó en un periodo de una semana, en días y horas aleatorias, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 24**

<b>CIRCUNVALACION NINDIRI - LAS FLORES</b>				
<b>Estación</b>	<b>29+500</b>	<b>31+500</b>	<b>27+300</b>	<b>33+000</b>
<b>V.M. Permitida</b>	<b>30 km/h</b>	<b>30 km/h</b>	<b>40 km/h</b>	<b>30 km/h</b>
<b>Vehículos Totales</b>	<b>875</b>	<b>930</b>	<b>864</b>	<b>893</b>
<b>Vehículos que exceden</b>	<b>865</b>	<b>923</b>	<b>755</b>	<b>889</b>
<b>%</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>87</b>	<b>99</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se tenía previsto la mayoría de los usuarios automovilistas circulan en la autopista a exceso de velocidad, aunque existía la hipótesis de que este fenómeno acontecía en el tramo. Las estadísticas arrojan porcentajes dramáticos en todos los puntos de control.

Del procesamiento de los datos de campo surgen los siguientes hechos:

- En promedio el 50% de los vehículos indistintamente del tipo circulaban a velocidades entre 80 y 100 km/h en todos los puntos de control.
- En su tipificación los vehículos que más exceden los límites de velocidad son los vehículos livianos, las camionetas, transportes de comercio pesados, motocicletas y los microbuses de transporte interurbano.
- Los puntos de control en los que se registró casi la totalidad de los vehículos en exceso de velocidad coinciden con los puntos críticos de accidentalidad.
- Los puntos de control donde la velocidad máxima era más respetadas fueron en las zonas donde suele haber presencia policial.

## **CAPITULO IV: ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD**

### **INTRODUCCION**

Como es tradición, un estudio de accidentalidad desde el punto de vista de la infraestructura vial está asociado a la investigación de los llamados "puntos negros" o, más recientemente, "tramos de concentración de accidentes", esto es, tramos de carretera de hasta un kilómetro de longitud en los que se producen tres o más accidentes con víctimas durante tres años consecutivos o donde la accidentalidad supere, claramente, la media de otros tramos similares.

Para encontrar los tramos de concentración de accidentes en la carretera en estudio se hizo un análisis de los inventarios de accidentes custodiados por la Dirección General de Tránsito de la Policía Nacional, correspondientes al Departamento de Masaya correspondiente a los municipios de Nindiri y Las Flores abarcando la circunvalación de Masaya para los años 2013, 2014 y 2015. Dicho análisis no solo pretendía mostrar los accidentes totales en la carretera con los que se determinarían los índices de accidentalidad, sino que los datos también fueron utilizados para la clasificación de los accidentes en todas las categorías posibles, esto con el propósito de encontrar las características de los mismos y comprender mejor el fenómeno accidente de nuestro tramo en particular.

La clasificación de accidentes permitió, basados en los datos de los inventarios, observar de manera separada todos los factores que influyen en los accidentes; se logró clasificar los siniestros por causa, tipo, consecuencia, periodicidad, ubicación, temporalidad mensual, semanal, diaria y de hora específica.

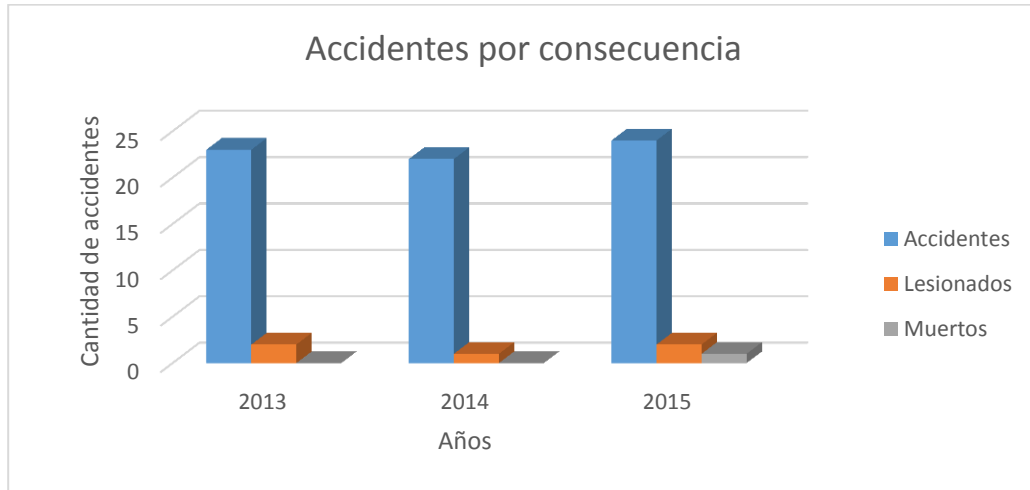
También se logró identificar los puntos críticos sobre la carretera por cada año de análisis, identificar las principales causas de accidentes en cada punto y resumir en los puntos donde la recurrencia de accidentes es constante cada año.

### **ESTUDIO DE ACCIDENTES**

El análisis dio como resultado la siguiente información:

- Los accidentes en la carretera han tenido en los últimos años se han mantenido estables significativamente en la cantidad y consecuencias.

**Gráfico 4**



**Fuente: Elaborado por sustentantes**

Como se observa en el gráfico en el año 2015 ocurrieron la mayor cantidad de accidentes, en el año 2014 hubo una menor cantidad de accidentes, se pudo observar que esto está relacionado con el mejor estado que mostraban estas señales de tránsito, aunque la cantidad de accidentes no es muy elevada al ser mayormente una carretera diseñada para el tránsito de camiones de carga, también es consecuencia del aumento de la presencia policial en la carretera. En el año 2014 hubo la menor cantidad de lesionados y en el 2015 fue el único año en el que los accidentes terminaron en muerte.

Si bien en el estudio no se realizaron encuestas ni entrevistas formales, gracia a los datos proporcionados por la policía nacional se pudo conocer que el aumento exponencial coincide con el deterioro de las señales de tránsito tanto verticales como horizontales.

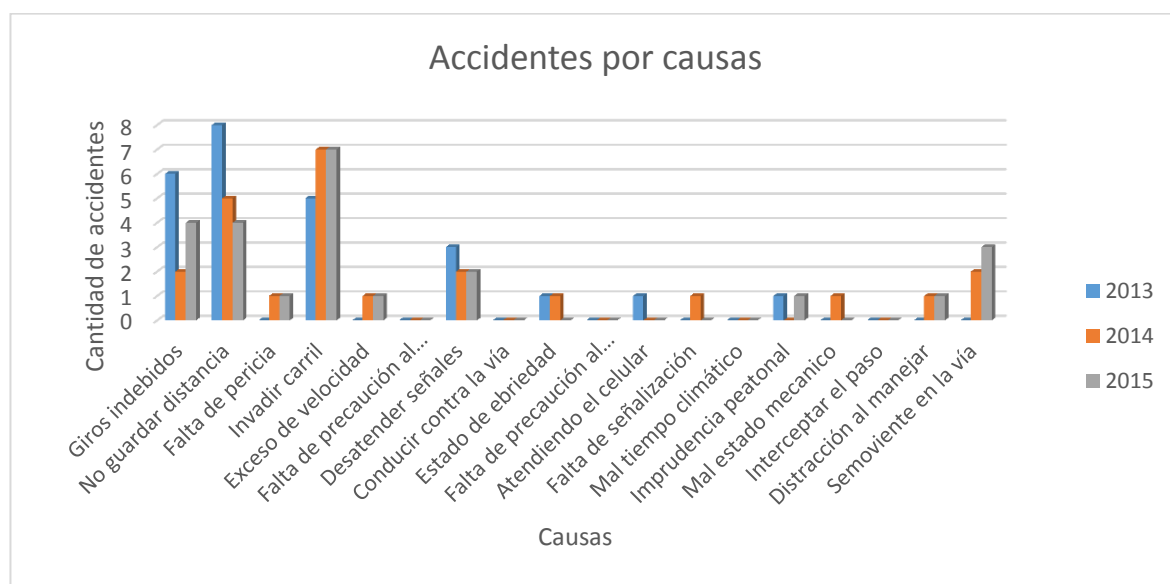
- La invasión de carril, no guardar distancia, los giros indebidos y desatender señales han sido las principales causas de accidentes en los tres años en análisis.



En las estadísticas resultantes de los inventarios de accidentes surge el dato curioso: a pesar de estar demostrado que la mayoría de los automovilistas exceden los límites de velocidad en la carretera, ésta no es una de las causas más importantes en esta clasificación, al igual que no lo es conducir en estado de ebriedad o bajo efecto de estufacientes.

A partir de lo anterior nace la duda respecto: la correcta metodología empleada en los informes de accidentes, las influencias de los involucrados en los siniestros respecto del marco legal y la falta de determinación in situ de la posible combinación de causas en un mismo accidente. Dicho de otra manera, la lógica dice que las causas principales de accidentes en la carretera son agravadas si los involucrados iban a exceso de velocidad y/o en estado de ebriedad o uso de estufacientes.

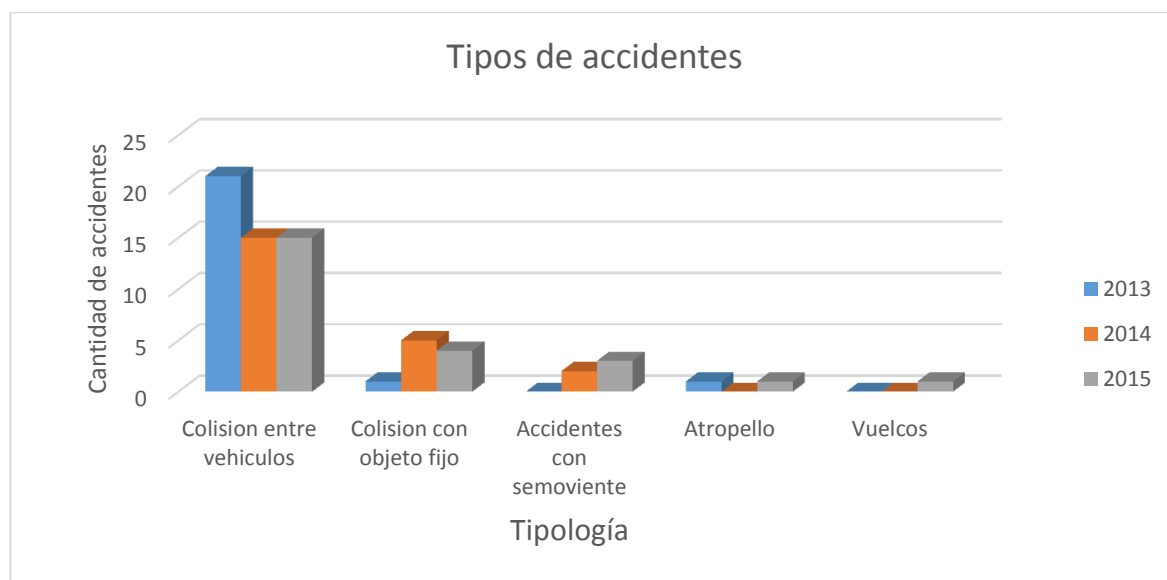
**Gráfico 5**



**Fuente: Elaborado por sustentantes**

- Los accidentes en la carretera en estudio son principalmente colisiones entre vehículos, la diferencia entre este tipo de accidentes y el resto de la clasificación obtenida en los inventarios es tan grande que casi pueden ser despreciados su calidad de “accidente” y puede ser considerado un “evento periódico”.

**Gráfico 6**



**Fuente: Elaborado por sustentantes**

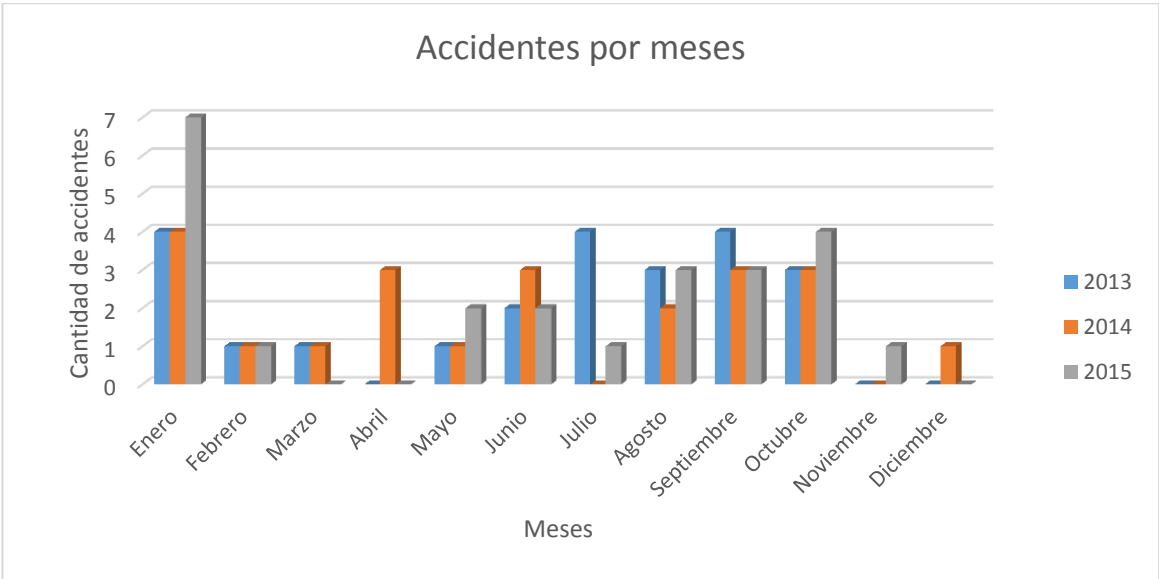
- La periodicidad de los accidentes se dividió en tres etapas para cada año: los meses en que más accidentes ocurrieron, los días de la semana que eran más frecuentes y las horas del día en que fueron más críticos.

Con lo que se pudo determinar los siguientes hechos:

- La época en que más accidentes ocurrieron fueron en los meses desde Junio hasta Octubre, a pesar de que la mayor cantidad de accidentes ocurrieron en el mes de Enero.
- Los días de mayor frecuencia de accidentes son a mediados de la semana laboral, cuando los usuarios van de los poblados cercanos a la capital y/o viceversa: los días martes a viernes.
- Las horas críticas de accidentes coinciden con las horas pico encontradas en los aforos: de 6 a 11 am y de 2 a 8 pm.

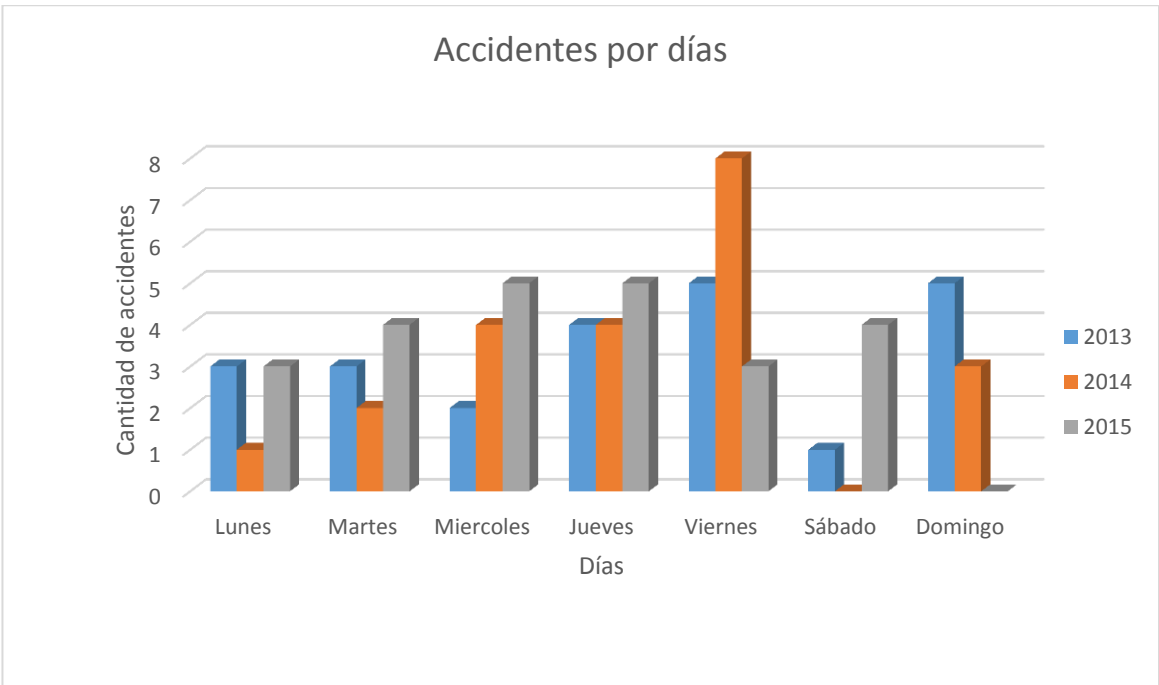
Las estadísticas de temporalidad de accidentes son las siguientes:

**Gráfico 7**



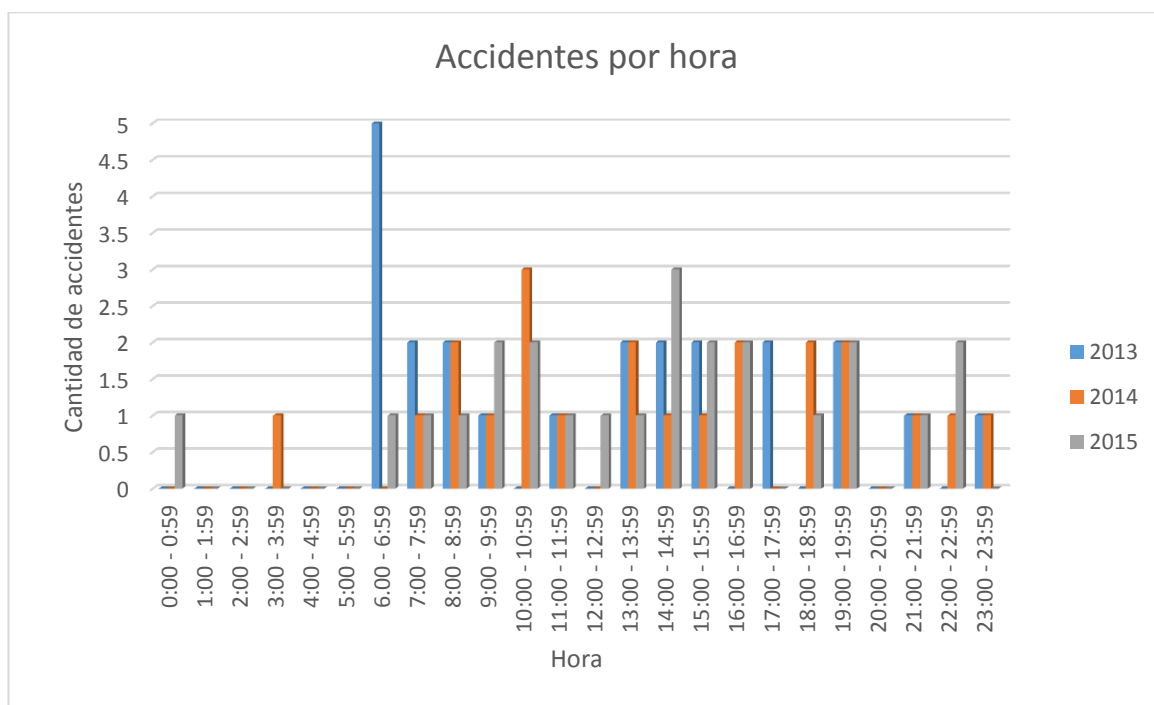
Fuente: Elaborado por sustentantes

**Gráfico 8**



Fuente: Elaborado por sustentantes

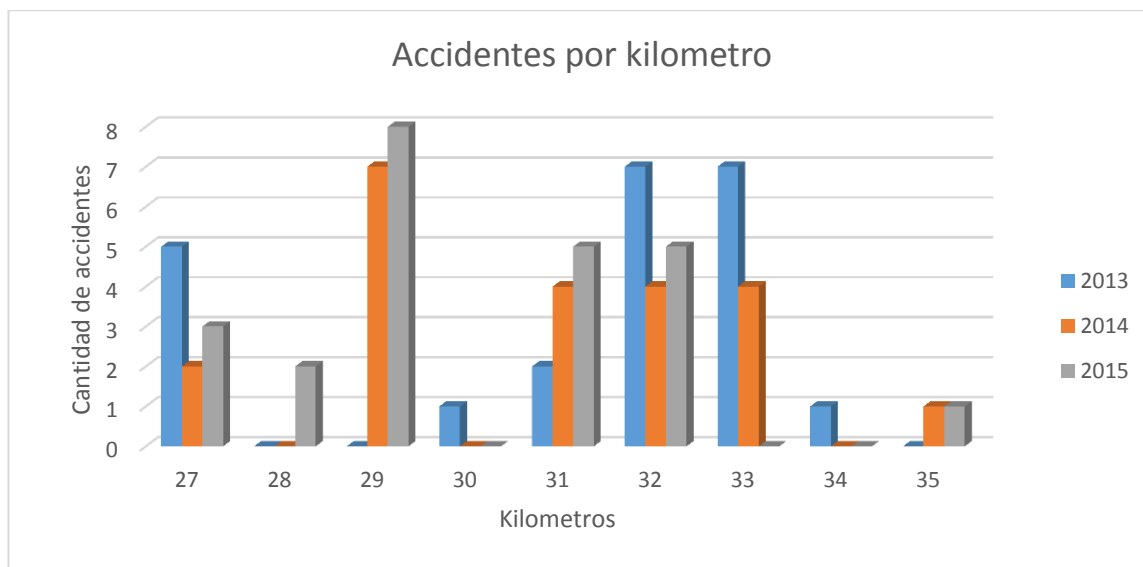
**Gráfico 9**



**Fuente: Elaborado por sustentantes**

- En la localización de los accidentes se pudo observar que el tramo inicial comprende del Km 27 al Km 28 donde inicia la circunvalación, seguido del Km 29 el cal está ubicado en una curva y tiene entradas no señalizadas, por último del Km31 al Km 33 es donde ocurren más siniestros, justamente el tramo que geométricamente tiene más facilidades para las altas velocidades y siendo donde se entra nuevamente en la carretera Nic-4, teniendo una ruta alterna que se une en el Km 35 de la misma.

**Gráfico 10**



Fuente: Elaborado por sustentantes

### **Accidentalidad nocturna**

El análisis de la accidentalidad nocturna reveló que aproximadamente el 30% de los accidentes comprendidos en los años 2014 y 2015 que ocurrieron en la carretera en estudio suceden de noche, comparado con aproximadamente el 15% de los accidentes ocurridos en el 2013.

### **DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS**

El término *punto crítico* da la idea de una ubicación exacta o de un estacionamiento en la carretera, pero en la realidad, conseguirlo no es tan sencillo, porque para los oficiales de policía no siempre es fácil dar la ubicación exacta de los siniestros al momento de llenar el informe de accidente cuando éstos acontecen. Además es poco probable que accidentes de tránsito ocurran en una localización exacta en repetidas ocasiones. Por lo tanto, la nueva bibliografía y la experiencia sugieren que el término más apropiado es “*tramos de concentración de accidentes*”.

Con lo anterior como primicia, se establece para el presente estudio que los “*tramos de concentración de accidentes*” son aquellos tramos de hasta un kilómetro de carretera en los que ocurren tres o más accidentes por año durante

un periodo mínimo de tres años; Y son “*Tramos Peligrosos*” aquellos tramos de tres o más kilómetros formados por tramos de concentración de accidentes.

Los tramos peligrosos de la Circunvalación de Masaya (NIC-4B) son:

- Km 27
- Km 29
- Km 31 al 33
- Km 35

Los resultados reflejaron que aunque los tramos de concentración de accidentes son distintos en los años en análisis, los tramos peligrosos son los mismos para el periodo evaluado. Por lo que se seleccionaron los tramos en los que la recurrencia de accidentes fue constante en los tres años, en los 6 kilómetros de estudio se encontraron constante durante el periodo 3 puntos críticos como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 25**

Puntos Críticos De La Circunvalación De Masaya													
		Periodo: Enero - Diciembre 2013			Periodo: Enero - Diciembre 2014			Periodo: Enero - Diciembre 2015			Total		
N	K m	Accidentes	Muertos	Lesionados	Accidentes	Muertos	Lesionados	Accidentes	Muertos	Lesionados	Accidentes	Muertos	Lesionados
1	27	5	0	1	2	0	0	3	0	0	10	0	1
2	28	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0
3	29	0	0	0	7	0	1	8	0	1	15	0	2
4	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	31	2	0	0	4	0	0	5	0	1	11	0	1
6	32	7	0	1	4	0	0	5	0	0	16	0	1
7	33	7	0	0	4	0	0	0	0	0	11	0	0
8	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	35	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0
<b>Total</b>		<b>23</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

La tabla anterior muestra los tramos de concentración de accidentes consolidados en los tres años, en dichos tramos se concentra el 91.3% de los accidentes totales, el 0% de los fallecidos y el 100% de los lesionados en la carretera durante el período evaluado.

La accidentalidad tipo es predominantemente colisión con otro vehículos; y la colisión con objetos fijos, siendo únicamente mortal un caso de imprudencia peatonal, a pesar de la cantidad de accidentes muy pocos de estos terminan con muertos o lesionados.

A simple vista se observa una gran incidencia del factor humano en las causas, los giros indebidos, no guardar distancia, invasión de carril son las predominantes, el mal estado mecánico, la caída de objetos, la distracción al manejar y la falta de precaución son menos importantes. Todas las causas tienen algo en común: proponen una gran importancia al error humano y con gran razón, es bien sabida la deficiencia de nuestro sistema en materia de educación vial.

En términos de ingeniería vial, hay aspectos que la tabla anterior no muestra, pero que están reflejados en los capítulos anteriores. A continuación se enumeran algunos de ellos:

- En el Km 32 la intersección de Bosco Monge tienen una pobre señalización vertical para entrar a la circunvalación.
- La geometría del tramo permite altas velocidades incluso en zonas ligeramente pobladas.
- En el segmento comprendido del Km 28 al 30 la falta señalización preventiva para la delineación de la carpeta de rodamiento en la curva y falta defensas metálicas con señaladores Chevron.
- Algunas intersecciones a pesar de cumplir con los radios de giros necesarios para vehículos pesados no están señalizados de forma correcta.

## MAGNITUD DEL PROBLEMA

Al relacionar los accidentes ocurridos, proporcionalmente con la población y con los vehículos, se dispondrá de cifras o índices que permitirán hacer comparaciones a cerca del comportamiento de la accidentalidad éstas darán la escala para juzgar la magnitud del problema. Esta comparación puede hacerse entre ciudades, entidades políticas, tramos de carreteras, países, o bien un sistema o red vial a través del tiempo.

Para estas relaciones, los indicadores más utilizados son los siguientes:

➤ Índice con respecto a la Población (P):

Los índices son el de *accidentalidad* (número de accidente), el de *morbilidad* (número de heridos) y el de *mortalidad* (número de muertos), con respecto al número de habitantes de que se trate expresado por cada 100,000 habitantes.

En nuestro caso se tomó en cuenta la población más cercana a la carretera, que serían la población de los Municipios de Nindirí, Masaya y Las Flores, ya que es el sector de la población que se verá directamente afectado. Se estimó la proyección de la población para el año 2013, la que dio como resultado 621,095 habitantes en total.

El cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

a. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/P} = \frac{\text{no.de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

De la *ecuación 5*, podemos obtener que el índice de accidentalidad, con respecto a la población sea de 3.70 accidentes por cada 100,000 hab.

b. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/P} = \frac{\text{no.de heridos en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

De la *ecuación 6*, podemos obtener que el índice de morbilidad, con respecto a la población sea de 0.32 accidentes por cada 100,000 hab.



c. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/P}: \frac{\text{no.de muertos en el año} * 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

De la ecuación 7, podemos obtener que el índice de mortalidad, con respecto a la población sea de 0.00 accidentes por cada 100,000 hab.

➤ Índice respecto al parque vehicular (V):

Al igual que en el caso anterior, los índices son el de *accidentalidad* (número de accidente), el de *morbilidad* (número de heridos) y el de *mortalidad* (número de muertos), pero con respecto al número de vehículos registrados en el año respectivo, por cada 10,000 vehículos.

Para el cálculo de éstos índices, se consideró el Total del Parque Vehicular Nacional, ya que la carretera en estudio es de suma importancia para el tránsito Inter-Departamental, interregional e internacional. Según la información de Tránsito Nacional, hay registrados para el año 2013 un parque vehicular de 658,064 vehículos

1. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/V}: \frac{\text{no.de accidentes en el año} * 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

De la ecuación 8, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.35 accidentes por vehículo en el año 2013.

2. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/V}: \frac{\text{no.de heridos en el año} * 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

De la ecuación 9, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.02 accidentes por vehículo en el año 2013.

3. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/V}: \frac{\text{no.de muertos en el año} * 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

De la ecuación 10, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.00 accidentes por vehículo en el año 2013.

Para el año 2014, la que dio como resultado 801,109 habitantes en total.

El cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

d. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/P} = \frac{\text{no.de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 5, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 5, podemos obtener que el índice de accidentalidad, con respecto a la población sea de 2.75 accidentes por cada 100,000 hab.

e. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/P} = \frac{\text{no.de heridos en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 6, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 6, podemos obtener que el índice de morbilidad, con respecto a la población sea de 0.12 accidentes por cada 100,000 hab.

f. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/P} = \frac{\text{no.de muertos en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 7, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 7, podemos obtener que el índice de mortalidad, con respecto a la población sea de 0.00 accidentes por cada 100,000 hab.

➤ Índice respecto al parque vehicular (V):

Para el cálculo de éstos índices, se consideró el Total del Parque Vehicular Nacional, ya que la carretera en estudio es de suma importancia para el tránsito Inter-Departamental, interregional e internacional. Según la información de Tránsito Nacional, hay registrados para el año 2014 un parque vehicular de 893,321 vehículos

4. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/V} = \frac{\text{no.de accidentes en el año} \times 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 8, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 8, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.24 accidentes por vehículo en el año 2014.

5. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/V} = \frac{\text{no.de heridos en el año} \times 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 9, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 9, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.01 accidentes por vehículo en el año 2014.

6. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/V} = \frac{\text{no.de muertos en el año} \times 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 10, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 10, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.00 accidentes por vehículo en el año 2014.

Para el año 2015, la que dio como resultado 993,753 habitantes en total.

El cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

g. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/P} = \frac{\text{no.de accidentes en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 5, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 5, podemos obtener que el índice de accidentalidad, con respecto a la población sea de 2.4 accidentes por cada 100,000 hab.

h. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/P} = \frac{\text{no.de heridos en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 6, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 6, podemos obtener que el índice de morbilidad, con respecto a la población sea de 0.20 accidentes por cada 100,000 hab.

i. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/P} = \frac{\text{no.de muertos en el año} \times 100,000}{\text{no.de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 7, pag.70 del documento})$$

De la ecuación 7, podemos obtener que el índice de mortalidad, con respecto a la población sea de 0.10 accidentes por cada 100,000 hab.

➤ Índice respecto al parque vehicular (V):

Para el cálculo de éstos índices, se consideró el Total del Parque Vehicular Nacional, ya que la carretera en estudio es de suma importancia para el tránsito

Inter-Departamental, interregional e internacional. Según la información de Tránsito Nacional, hay registrados para el año 2014 un parque vehicular de 998,853 vehículos

7. Índice de accidentalidad:

$$I_{A/V} = \frac{\text{no.de accidentes en el año} \cdot 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 8, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 8, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.24 accidentes por vehículo en el año 2015.

8. Índice de morbilidad:

$$I_{morb/V} = \frac{\text{no.de heridos en el año} \cdot 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 9, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 9, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.02 accidentes por vehículo en el año 2015.

9. Índice de mortalidad:

$$I_{mort/V} = \frac{\text{no.de muertos en el año} \cdot 10,000}{\text{no.de Vehículos registrados}} \quad (\text{Ecuación 10, pag.71 del documento})$$

De la ecuación 10, el número de accidentes por cada 10,000 vehículos, que es de 0.01 accidentes por vehículo en el año 2015.

## **CAPITULO V: PROPUESTA TÉCNICA**

### **INTRODUCCION**

En este capítulo el equipo de trabajo presenta las propuestas técnicas, que según los resultados de los estudios anteriores, deben implementarse en la carretera para mejorar la seguridad vial en la misma. Las presentes consideraciones pretenden revertir el carácter accesorio de la señalización y el valor cosmético que en ocasiones se le da a los elementos de seguridad. Se pretende eliminar los factores del entorno que intervienen en los accidentes.

### **DEFENSAS METÁLICAS**

Las defensas son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Esta especificación particular considera defensa metálica galvanizada por inmersión en caliente para uso en dispositivos de protección y seguridad.

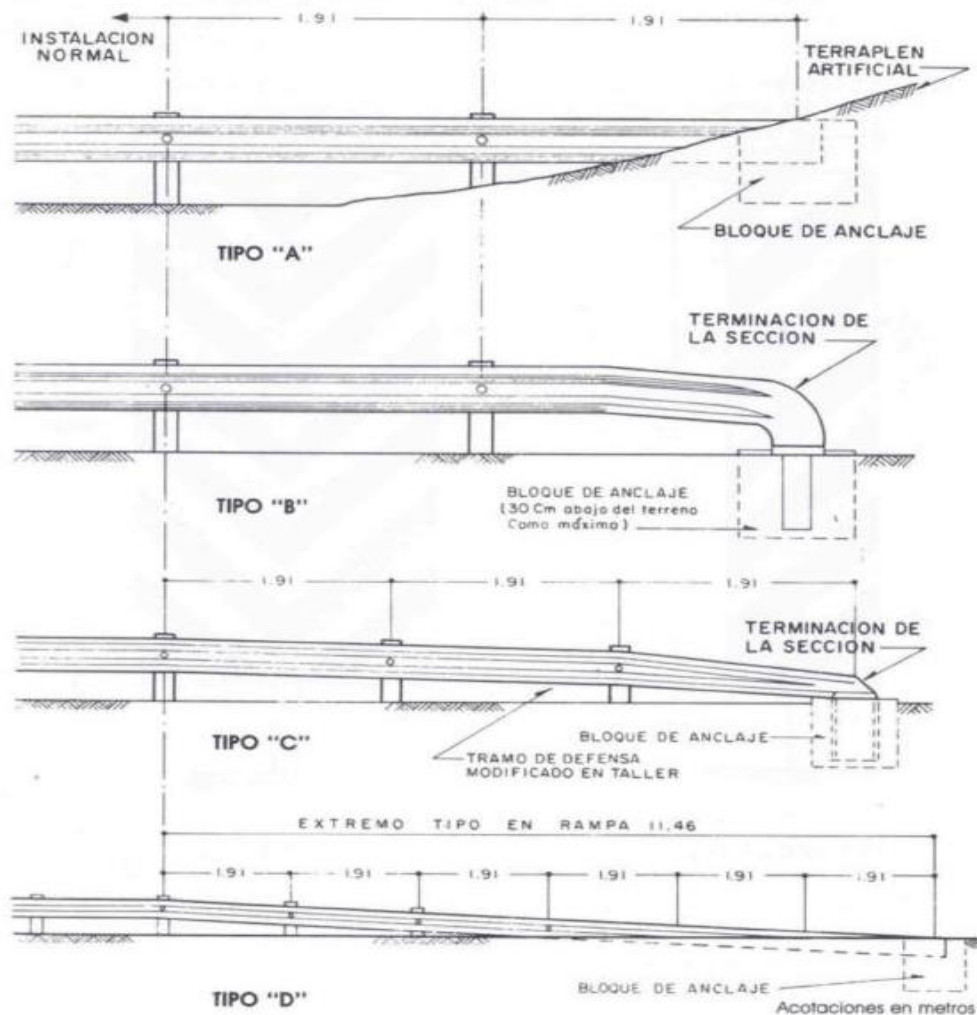
La altura del eje de simetría longitudinal de la defensa metálica deberá estar localizada a 50 cm. (+/- 2 cm) por encima del nivel del hombro del acotamiento. En la carretera encontramos defensas laterales que tienen esa altura a partir del nivel de empotramiento y por encima del nivel de hombros. Por lo tanto la profundidad de excavación deberá de ser aquella que cumpla con esta condición. Se debe verificar el nivel y verticalidad de los postes, para presentar una correcta alineación y estética.

El traslape de dos secciones de defensa consecutivos se debe realizar de manera que quede encima de la otra aquella que se encuentre más cerca de la dirección desde la que se aproxima el flujo del tránsito, a fin de evitar que los vehículos se atoren con la orilla de una de las defensas, en lugar de deslizarse sobre ellas.

En las defensas ya instaladas en la carretera no están pintadas y el reflejante falta casi en su totalidad. El reflectante debe ser colocado con el tornillo de sujeción al separador y sujeto al mismo torque que los tornillos de traslape. El color del reflejante a utilizar y de la defensa lateral debe ser *amarillo tránsito*, el reflejante debe orientarse en sentido normal al sentido del tránsito.

La SIECA recomienda que las defensas laterales tengan un anclaje al suelo en el extremo de donde se aproxima el flujo vehicular para evitar el *efecto lanza* en caso de una colisión frontal de un vehículo. Los tipos de anclaje son los siguientes:

**Imagen 7**



Fuente: Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor

En los casos para los que la topografía u otras condiciones del sitio no permitan que se realice el correcto anclaje, se recomienda la instalación de elementos de seguridad en los extremos.

Existen en el mercado varios tipos de amortiguadores de impacto para extremos de defensas laterales, presentamos algunos ejemplos:

**Imagen 8**



**Imagen 9**



Fuente: Empresa Ingeniería Estructural y Soluciones en Acero

Dispositivo de amortiguamiento diseñado para eliminar el peligro que representa los inicios de tramos de defensas metálicas. La Terminal está diseñada para amortiguar golpes de vehículos errantes. El dispositivo de amortiguamiento sirve *para salvar vidas* durante el impacto del vehículo en los extremos de dispositivos viales.

Las terminales tipo X tensión, Realizan detenciones controladas de los vehículos en sitios de alta accidentalidad, totalmente re directivo y no traspasable con tecnología basada en la tensión.

Se recomienda que las defensas metálicas en la carretera en estudio se instalen según las recomendaciones antes expuestas, anclándose los extremos de la dirección de donde proviene el flujo vehicular o instalándose los amortiguadores de impacto.

## OJOS DE GATO

Según definición, un *delineador horizontal (ojo de gato)*, es un dispositivo de guía óptica en forma de pirámide truncada, que se utilizan generalmente como complemento de marcas viales, que fijado a la carpeta de rodamiento de la carretera debe reflejar el 100% de la luz que recibe por los focos de un vehículo, su acción reflectante debe funcionar especialmente de noche y ante cualquier condición ambiental, sirve como guía en áreas de seguridad y en las proximidades de zonas peligrosas como pendientes, curvas, puentes y túneles.

La principal ventaja de la marcación con delineadores horizontales es que aumentan notablemente el margen de seguridad del conductor por la visibilidad de señalamiento, sobre todo en la noche, cuando llueve o la carretera está mojada o hay neblina. Son también perfectamente visibles durante el día ya sea complementando la pintura o supliéndola.

Existen estadísticas en diversos países donde los accidentes de tránsito han disminuido sensiblemente en la misma ruta después de que haya sido marcada con delineadores horizontales, porcentajes que van del 35% al 60% de disminución de accidentes según el lugar. Está comprobado que el conductor se siente más seguro y descansado conduciendo por vías que poseen marcadores reflectante o foto luminiscentes.

Los ojos de gato son utilizados normalmente en los siguientes casos:

- Como divisorias en los ejes de vías con doble sentido.
- Canalizando el tráfico en sus respectivos carriles en avenidas con varios de ellos.
- Delimitando accesos.
- Indicando prohibición de paso.
- Marcando pasos y vías peatonales.
- Alertando sobre lugares peligrosos o conflictivos (colegios, hospitales, bomberos, etc.).



- Señalando giros, salidas, isletas, rotondas, desvíos, rampas y estacionamientos.

Para el tramo en estudio y dada la información anterior, se recomienda que los delineadores horizontales (ojos de gato) sean instalados en toda la longitud de la carretera. El color de los reflectantes deber ser *amarillo* para la línea central y *blanco* para la separación de bahías y bordes de la calzada, *excepto en las curvas peligrosas*, donde se debe instalar color *amarillo* en el borde exterior de la curva.

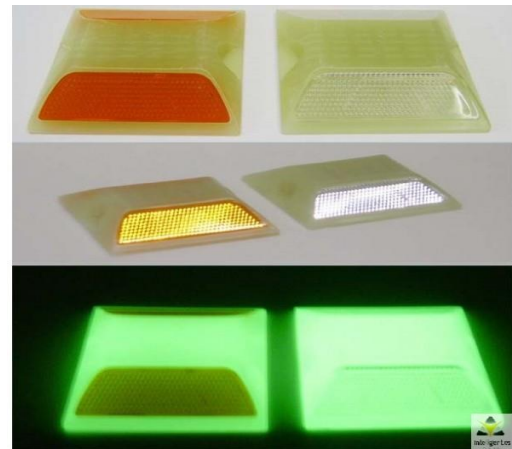
Se recomienda la instalación de delineadores foto luminiscentes a lo largo de circunvalación ya que su material de construcción, posee además, la capacidad de absorber y almacenar energía cuando es expuesto a cualquier fuente de luz convencional como luz diurna o luz eléctrica y la emite en la oscuridad, durante un largo periodo de tiempo. Es decir que emiten la luz sin ningún tipo de intervención humana, mecánica o eléctrica. Es precisamente este automatismo en su activación lo que les hace útiles en situaciones de emergencia. Ya que en de gran ayuda en la carretera ya que esta no cuenta con iluminación en algunas partes de su trayecto.

**Imagen 10**



Ojo de gato reflectante

**Imagen 11**



Ojo de gato auto luminiscente

Fuente: RAYA S. A.

## REDUCTORES DE VELOCIDAD

La mayoría de los accidentes viales ocurren por la noche, esto se debe a varios factores pero el principal es por la falta de visibilidad. No siempre esta falta de visibilidad es un defecto del conductor, en ocasiones puede ser por las luces de los coches, el mal alumbrado público, etc.

Si a estos factores de riesgo le agregamos que el dispositivo de seguridad vial es un reductor de velocidad hecho a base de concreto, el riesgo aumenta. La mayoría de estos reductores están pintados de amarillo o blanco, aunque con el pasar de los autos van perdiendo color, lo cual provoca que se vuelvan menos visibles, tanto de día como de noche, generando un mayor número de accidentes viales.

Si éste reductor de velocidad tiene una buena pintura y se alcanza a ver a distancia, de igual forma se debe ser precavido al momento de pasarlo, ya que nunca se sabe la altura o longitud, si puede dañar el vehículo al momento de pasarlo o si está despostillado y puede ponchar una llanta.

Por estas razones, los países Centroamericanos a través de la SIECA acordaron remover estos dispositivos en las carreteras regionales por donde circula tráfico internacional. Nicaragua atendiendo estas normas de uniformidad no diseño reductores en la Circunvalación de Masaya (NIC-4B). Sin embargo, las altas velocidades en que circula el parque automotor incitan a la búsqueda de dispositivos que obliguen a la reducción de la velocidad en los puntos de los tramos peligrosos donde esté la señalización horizontal como lo son las intersecciones.

En vista de que el transporte colectivo por autobús y el transporte de carga por vehículos pesados ensamblado pueden verse afectado por la implantación de reductores de velocidad, el uso de aceras continuas, lomos y trepadores están vedados en este tipo de vías, se propone con el fin de calmar el tránsito, se pueden utilizar reductores tipo *lomo modificado* o reductores aislados tipo tachuela lisa (boya). De darse dicha instalación, ésta debe llevar consigo la respectiva señalización vertical. Después de todo no hay que olvidar que el

objetivo principal de dicha circunvalación es facilitar el uso de vías alternas para vehículos pesados.

## PARADA DE BUSES

Las paradas de buses en la carretera tienen la geometría adecuada para la protección de los vehículos de transporte público y sus usuarios. Las 6 que se encuentran en el tramo en estudio cuentan con bahías y con la señalización reglamentaria, todas cuentan con la caseta para pasajeros.

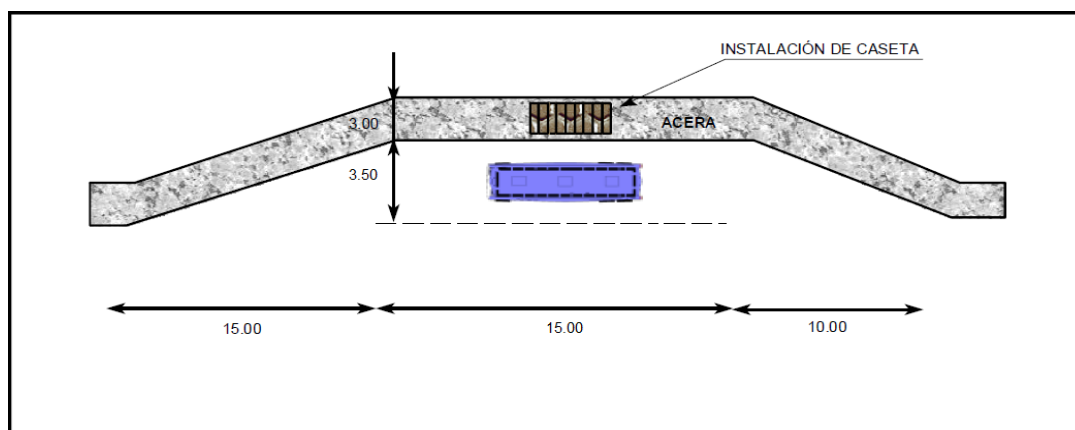
Las bahías de buses tienen las dimensiones típicas de las bahías para el refugio de buses en las carreteras regionales establecidos por la SIECA, por lo consiguiente cuentan con el espacio necesario para atender las funciones básicas de este servicio.

**Tabla 26**

DISEÑO	ENTRADA (m)	PARADA (m)	SALIDA (m)	ANCHO (m)	LONG. TOTAL (m)
UN BUS	10	15	15	3 - 4	40
DOS BUSES	10	30	15	4 - 4	55
TRES BUSES	15	45	15	5 - 4	75

Fuente: Diseños Geométricos De Carreteras; Diseño de Vías de Comunicación.

**Imagen 12**

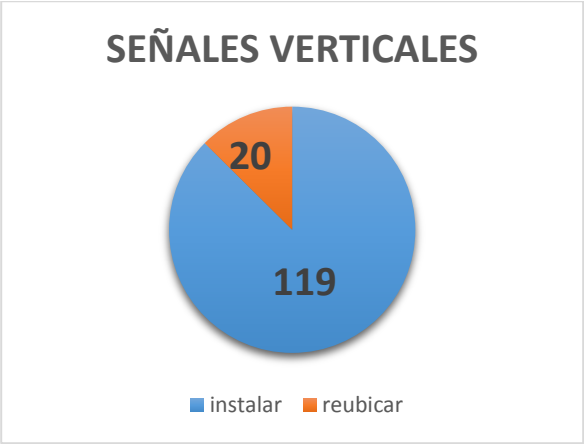


Fuente: Diseños Geométricos De Carreteras; Diseño de Vías de Comunicación.

La anterior recomendación propone que todas las paradas de buses que se encuentran entre las estaciones 27+150 y 33+483 se construyan uniformemente siguiendo la siguiente geometría.

### **PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN, DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, FÍSICAS Y ATMOSFÉRICAS**

**Imagen 13**



**Imagen 14**



Fuente: Elaborado por sustentantes

### **Señalización vertical**

El inventario vial realizado en el presente estudio reveló que la señalización vertical en la carretera en estudio no es completa y su situación actual no es la óptima. En lo referente a la situación actual de éste tipo de señalización, se recomienda hacer mantenimiento de las 19 señales que se encuentran en condiciones regulares, las que necesitan algún perno, remover publicidad o la instalación de algún complemento. De la misma manera se recomienda la reinstalación de las 43 señales que se encuentran en mal estado, las cuales solamente pueden ser reemplazadas por señales nuevas.

Para la completa señalización en la carretera en estudio se propone, según muestran los siguientes gráficos, reubicar 20 y principalmente instalar 139 señales nuevas, las cuales se dividen en 27 informativas, 40 preventivas y 72 reglamentarias.

Las señales en esta carretera, especialmente entre la estación 27+150 y la estación 33+483, debido a los cambios atmosféricos hostiles dependiendo de la estación y a la contaminación de óxido de azufre que hay en la zona causada por las emulsiones del volcán Masaya, deberán ser fabricadas de aluminio. Las láminas para señales deben ser aleaciones de 1,200 a 1,350 con temple H14, de 3.2 mm de espesor y deben cumplir con las normas: FHWA's FP-96, ASTM B 209, aleación 6061-T6, 5052-H38.

Se recomienda utilizar en las láminas, aditivos que remuevan grasa y contaminantes antes de la aplicación del material retroreflectivo y aditivos anticorrosivos antes de la instalación de las láminas en los soportes verticales y después de colocar los pernos de sujeción para proteger las unión.

### **Postes Guías**

En la carretera hay mucha deficiencia en cuanto a los postes guías, el inventario vial reveló que de 612 que se necesitan, solo 408 se encuentran instalados; y de los 102 delineadores tipo Chevron que se necesitan en la curvas y tramos peligrosos solo 40 se encuentran instalados.

Se recomienda la instalación de 612 postes guías que exige la geometría y la topografía de la carretera, se debe ubicar 204 postes nuevos y reutilizar del inventario actual, todo aquel que se encuentre en buen estado, habiendo recibido el debido mantenimiento de pintura. De igual manera, se recomienda la instalación de los 102 delineadores tipo Chevron, ubicando 62 delineadores nuevos y reutilizando todo aquel que se encuentre en buen estado. La localización y distribución de los postes guías y los delineadores se detalla en la tabla de complementos de señalización vertical en anexos.

### **Señalización Horizontal**

Debido a que el mantenimiento no se ha realizado a como debe ser la mayoría de los complementos de la señalización horizontal de la carretera requieren ser renovados. Los complementos que la carretera requiere son los siguientes:

**Tabla 27**

<b>ESTACION</b>	<b>BANDA IZQUIERDA</b>	<b>BANDA DERECHA</b>
27+150		Palabra "CEDA"
27+270	Palabra "CEDA"	
27+630	Flecha recto, Palabra "CEDA"	Flecha recto, Flecha derecha
27+840		Flecha recto
28+080		Flecha recto, Flecha derecha
28+ 140		Palabra "CEDA"
28+180	Flecha recto, flecha izquierda	Flecha recto
28+200	Flecha recto	
29+120	Flecha recto	Flecha recto, Flecha Der - Izq.
29+300	Flecha recto, Flecha Der - Izq.	Flecha recto
29+850	Palabra "CEDA"	
30+020	Flecha recto	Flecha recto, flecha derecha
30+100	CRUCE DE PEATONAL DE ZEBRA, Palabra "ALTO"	
30+220		Palabra "CEDA"
30+280	Flecha recto	
30+300	Flecha recto	
30+580		Palabra "CEDA"
30+620	Palabra "CEDA"	
31+020	Flecha recto	Flecha recto
31+050	Palabra "CEDA"	
31+120	Palabra "ALTO"	
31+260	Palabra "CEDA"	
31+400	Flecha recto, Flecha izquierda	
31+420	Flecha recto, Flecha izquierda	
31+620	Palabra "CEDA"	
31+720	Palabra "CEDA"	
31+800	Palabra "CEDA"	
31+920	Flecha recto	Flecha recto, flecha izquierda
32+220	Flecha recto	Flecha recto, flecha derecha
32+310	Flecha recto, flecha izquierda	Flecha recto
32+480	Flecha recto	
32+850	Flecha recto	Flecha recto, flecha izquierda
32+950	Palabra "CEDA"	
32+980	Flecha recto, flecha izquierda	
33+000	Palabra "CEDA"	
33+060		Flecha recto, flecha izquierda
33+360	Flecha recto	
33+414	Palabra "CEDA", Flecha recto	

**Fuente: Elaborado por sustentantes**

Las especificaciones para el tamaño, posición, color de pintura, etc. deben obedecer las normas establecidas en el capítulo 3 sobre demarcación en el pavimento del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de la SIECA.

### **Corrección de señalización horizontal**

En el segundo capítulo del presente informe se mostró que la señalización horizontal de la carretera en estudio debe ser mejorada y las autoridades indicadas deben dar mantenimiento de forma periódica a dicho tramo.

### **Intersecciones**

Como se demostró en el segundo capítulo del presente informe, las intersecciones en la carretera tienen relevancia variada en dependencia con la demanda de tráfico, ubicación y geometría. En la misma medida de dicha importancia, el equipo de trabajo considera que algunas intersecciones poseen oportunidades de mejora en términos de seguridad vial.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Después de elaborados los estudios de campo, el resumen de los datos levantados y el análisis de los resultados se puede concluir que el estudio en seguridad vial en la Circunvalación de Masaya (NIC-4B) fue realizado satisfactoriamente.

Se logró hacer un buen diagnóstico de las causas principales de la accidentalidad en el tramo Nindiri – Las Flores. Los estudios permitieron conocer el estado físico actual de la carretera, las condiciones del tráfico, el comportamiento vehicular; se logró identificar los tramos peligrosos y los tramos de concentración de accidentes. Pero, fundamentalmente, se consiguió conocer la carretera y su condición lo suficiente para proponer soluciones orientadas a la disminución de la accidentalidad en este tramo.

Los objetivos para este trabajo monográfico fueron alcanzados y se comprobó que la veracidad de la hipótesis, pudiendo concluir de ésta lo siguiente:

- La señalización en el tramo en estudio es incompleta, no necesariamente inadecuada como se pensaba, sino que la carretera necesita complementos de señalización que informen a los usuarios de las condiciones geométricas de la carretera y que protejan en caso de un evento inesperado.
- La falta de precaución es, en efecto, una de las principales causas de accidentes, como se sospechaba, el exceso de velocidad de los automovilistas es una realidad preocupante. El error humano resulta de mucha gravedad, sino en fatalidad en un evento inesperado.

En el capítulo introductorio se estableció la línea base de la seguridad vial y se le dividió en tres factores importantes, el factor humano, el factor vehicular y el factor entorno. En esta sección final se expondrá las conclusiones alcanzadas en el estudio de seguridad vial respetando dicha línea base:

#### **Factor Humano**



El factor humano es sin duda el más importante del estudio, a razón de ser las personas los principales usuarios de las vías, ya sea como peatón, conductor o como responsable de que las vías existan en primera instancia.

Se llegó a la conclusión de que error humano es el principal causante de los accidentes en la carretera en estudio. Se evidencia con lo observado y con los resultados de los análisis, que los usuarios manifiestan un importante desconocimiento de las normas de circulación y de la ley que rige el tránsito por las vías de nuestro país, creando un clima de desinterés por la seguridad vial. De la misma manera, la falta de cortesía en la población manifiesta que no hay aptitudes para la aplicación de la normativa que regula la circulación.

En Nicaragua, es necesario lograr que el sistema educativo aplique con mayor diligencia campañas orientada al mejoramiento de la inteligencia vial, acompañado por campañas públicas que logren ganar niveles elevados y continuados de aplicación de las normas de circulación. En este aspecto, la participación activa, imparcial y sin influencia de la Policía de Tránsito y del Sistema Judicial, juega un papel importante en la búsqueda de un cambio cultural respecto a la seguridad vial.

La situación económica del país, se traduce en términos generales, en el sacrificio de muchos complementos que se consideran lujo. Es responsabilidad del gremio ingenieril cambiar la visión de que la señalización es un aspecto cosmético de las carreteras y no un elemento de seguridad que salva vidas, le corresponde a las nuevas generaciones aplicar el concepto *inversión* en seguridad vial, y dejar atrás el concepto *gasto*.

### **Factor Vehicular**

Aunque se dice que el desperfecto mecánico no es una de las causas importante de accidentalidad, es un riesgo que no se debe correr. Las inspecciones periódicas que la Policía de Tránsito realiza al sector de transporte público no parece ser suficiente. Vehículos de pasajeros en mal estado se ven todo el tiempo.

En los inventarios de accidentes lamentablemente, la Policía Nacional, no tiene contemplado factores como si los usuarios llevan cinturón de seguridad ni que vehículos fueron los involucrados en los accidentes, esta información facilitaría la determinación de este aspecto y su relevancia en este factor, también permitiría determinar el tipo de vehículo que más recurrencia accidental tiene. Dada la fama del transporte colectivo interurbano en este país, no se logró determinar la incidencia de los mismos en los accidentes de tránsito en la carretera en estudio.

### **Factor Entorno**

En el trazado de la carretera encontramos condiciones que representen un peligro para los usuarios la falta de pasos peatonales aledaños a las parada de buses son un ejemplo de esto. Las características físicas de la carretera no representaron problema alguno cuando este estudio comenzó.

La señalización, por otra parte, es un aspecto que el mantenimiento el cual debe ser llevado a cabo por el FOMAV no ha mejorado. La falta de atención por parte de estas en la demarcación de pavimentos, olvidándose de elementos importantes como lo son algunas intersecciones sin señalizar. En la señalización vertical, el no darle mantenimiento a los componentes en mal estado, los complementos que necesitan ser reinstalados, los elementos de protección que la carretera no posee y que están destinados a salvar vidas y a proteger las mismas señales en caso de colisión.

De igual manera, el MTI hace descuidos importantes al permitir que la población esté invadiendo el derecho de vía en las carreteras de Nicaragua, la economía ya es frágil en nuestro país como para asumir las indemnizaciones que se pagan cuando se rehabilitan las mismas. Además, la situación se empeora cuando las alcaldías dan permisos de construcción de propiedades e instalación de rótulos a los costados de las carreteras y cobran los correspondientes impuestos, aun cuando está establecido que los permisos en las carreteras le corresponde al MTI.

## **RECOMENDACIONES**

### **Factor Humano**

Los usuarios en la carretera exceden los límites de velocidad en toda la carretera, razón por la cual se recomendó la instalación de reductores de velocidad, aun sabiendo que viola el Acuerdo Centroamericano de Circulación por Carreteras.

La responsabilidad por que los automovilistas respeten los límites debería ser del sistema educativo en general, de las escuelas de manejo y de la Policía de Tránsito que es la encargada de los permisos y licencias. Pero como Ingenieros Civiles, está en nosotros la responsabilidad de realizar propuestas técnicas desde nuestra especialidad que contribuyan a la disminución de los índices de accidentalidad.

Se recomienda que el departamento de Ingeniería Vial de la Policía Nacional mejore los formatos de inventario de accidentes que permitan tener más información de los mismos y se logren mejores resultados en estudios de este tipo.

### **Factor vehicular**

Se recomienda que la Policía Nacional sea más exigente en dichas inspecciones con el transporte que brinda el servicio público. De igual manera al momento de realizar el estudio se apreció la presencia de un agente de tránsito en ciertos puntos de la vía, razón por la cual se recomienda el ubicar a un agente de tránsito más para el apoyo que estos brindan al hacer respetar las señales de tránsito.

### **Factor entorno**

Las propuestas técnicas descritas en el capítulo anterior tienen como objetivo principal proporcionar más y mejores condiciones de seguridad con el propósito de disminuir los factores intervinientes y las causas reales de los accidentes de tránsito, se aplicaron los fundamentos de ingeniería para la prevención de riesgos, con la esperanza de corregir los errores que no son netamente del conductor, se espera, el Ministerio de transporte e Infraestructura y el Fondo de Mantenimiento Vial, instituciones encargadas del diseño, construcción y mantenimiento de carreteras tengan en el presente documento más herramientas

para la aplicación de criterios de seguridad en futuras rehabilitaciones y /o ampliaciones en la carretera.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- *Acuerdo Centroamericano sobre Circulación en Carreteras*. Secretaría de Integración Centroamericana (SIECA) 2000.
- *Anuario 2007, 2008, 2009*. Dirección de Planificación Vial. Ministerio de Transporte e infraestructura (MTI).
- *Catálogo de Señales de Tránsito*. Secretaría de Integración Centroamericana (SIECA) 2000.
- *Censo 2005*. Instituto Nacional de Estado y Censo (INEC)
- *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. Executive Committee 2004
- *Historia de la Carretera Panamericana*. Centro de documentación, Ministerio de Transporte e infraestructura (MTI).
- *Informe Anual “Revista Red Vial Nicaragua 2008”*. Dirección de Inventario Vial. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- *Informe Carretera Sur “Seguridad vial del kilómetro 7 hasta Peñas Blancas 2005”*. Dirección de Planificación Vial. Ministerio de Transporte e infraestructura (MTI).
- *Informe mundial sobre prevención de traumatismos causados por el tránsito, 2004*, Organización Mundial de la Salud (OMS).
- *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2009: Es hora de actuar*, Organización Mundial de la Salud (OMS).
- *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013: Apoyo al decenio de acción*, Organización Mundial de la Salud (OMS).
- *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*. 7ma edición, Rafael Cal y Mayor Reyes. Editorial alfa omega 1994.

- *Inventario de Accidentes Distrito 3 Managua y Carazo 2007, 2008, 2009.* Departamento de Ingeniería Vial. Dirección de Tránsito Nacional. Policía Nacional.
- *Ley 431 “Ley para el régimen de circulación vehicular e infracciones de tránsito”.* aprobada 26 de junio 2002.
- *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* Secretaría de Integración Centroamericana (SIECA) 2000.
- *Manual Centroamericano “Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales”.* Secretaría de Integración Centroamericana (SIECA) 2000.
- *Metodología de la Investigación.* Ingeniería en Gestión Informática INACAP. María Antonieta Tapia. Santiago de Chile 2000.
- *Metodología de la Investigación, 4ta Edición.* Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández – Collado, Pilar Baptista Lucio. McGrahill, 2006.
- *Metodología de la investigación.* McGrahill 1ra edición, 1991.
- *Monografía “Accidentalidad vial en Medellín, Colombia”.* Juan David Arias Ibarra, 2008.
- *Monografía “Estudio de accidentalidad en la carretera Managua –Masaya-Granada, causas y posibles soluciones”.* Nimia Calderón y Escarleth Montenegro, 2009
- *Monografía “Psicología de la seguridad y prevención de riesgos de accidentes en carreteras”.*
- *Normas de Culminación de Estudios.* Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC). Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- *Seguridad Vial de Galicia 2006 – 2010.* Xunta de Galicia. España.
- *Tránsito Com Vida “Um portal na Web”.* Secretaria Municipal do Rio de Janeiro. Brasil. 2008.

## WEBGRAFIA

- [www.construcgeek.com](http://www.construcgeek.com)
- [www.cosmos.com.mx](http://www.cosmos.com.mx)
- [www.culturavial.com](http://www.culturavial.com)
- [www.elalmanaque.com](http://www.elalmanaque.com)
- [www.elnuevodiario.com.ni](http://www.elnuevodiario.com.ni)
- [www.formet.com](http://www.formet.com)
- [www.ilcad.org](http://www.ilcad.org)
- [www.industriasceno.com](http://www.industriasceno.com)
- [www.inteligentes.org](http://www.inteligentes.org)
- [www.laprensa.com.ni](http://www.laprensa.com.ni)
- [www.lostiempos.com.ni](http://www.lostiempos.com.ni)
- [www.monografías.com](http://www.monografías.com)
- [www.mtc.gob.ar](http://www.mtc.gob.ar)
- [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- [www.wikivia.org](http://www.wikivia.org)
- [www.who.int.es](http://www.who.int.es)

## ANEXOS

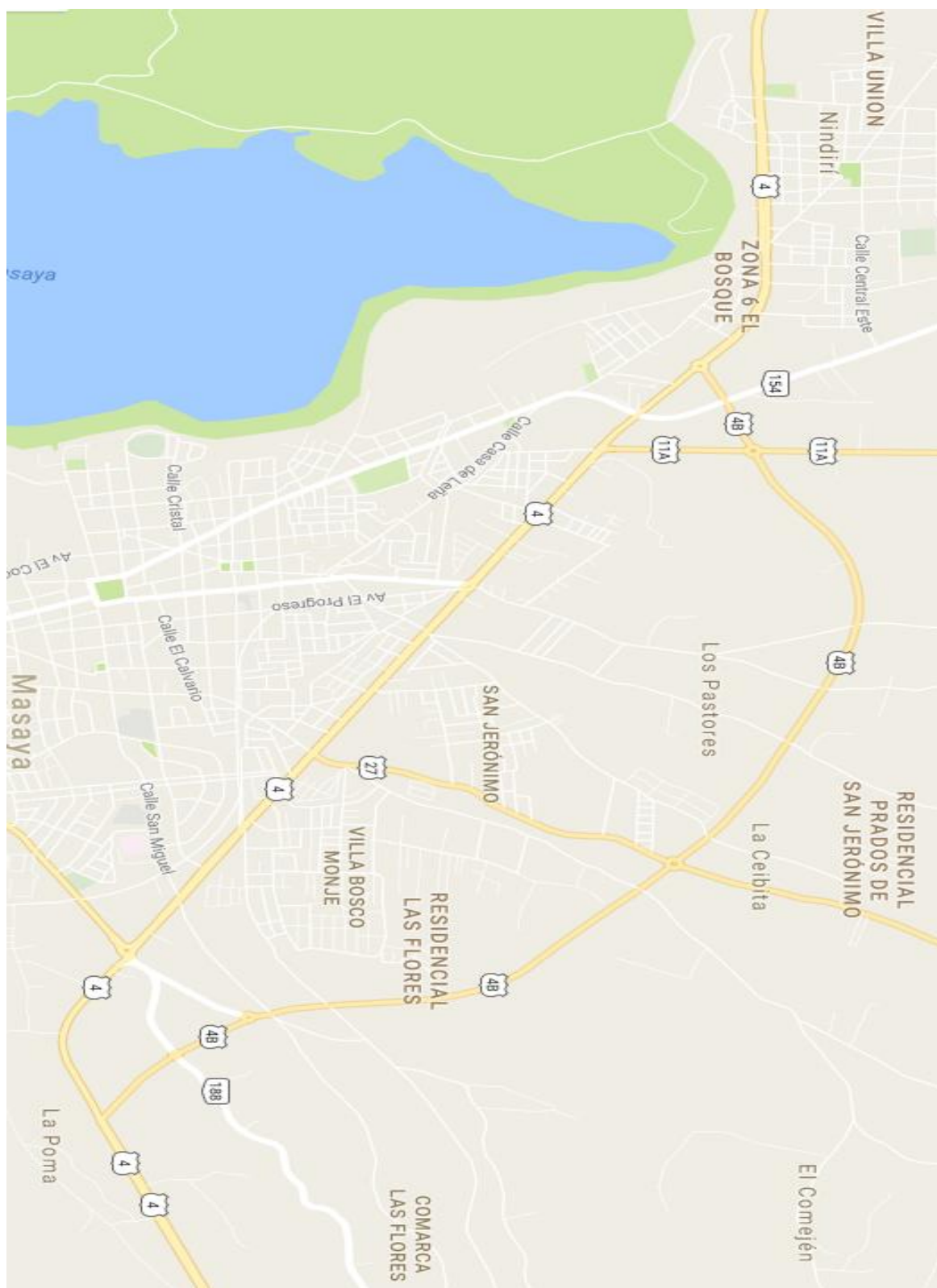
### Anexos tabla 1

Descripción de las señales verticales en la Circunvalación de Masaya			
Código	Mensaje	Tamaño (m)	Cantidad
R-1-1	Alto	0.25 X 0.25	9
R-10-1	Parada de bus	0.914 X 0.610	6
R-1-2	Ceda el paso	0.762 X 0.762	24
R-13-1	No adelantar	0.914 X 0.610	3
R-2-1	60 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	8
R-2-1	45 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	1
R-2-1	40 KPH velocidad máxima	0.914 X 0.610	4
R-2-1 + P-2-1	40 KPH intersección en cruz	0.914 X 0.610 + 0.762 X 0.762	0
R-3-4 <sup>a</sup>	No girar a la izquierda	0.914 X 0.610	1
P-10-1	Ganado en la vía	0.762 X 0.762	4
P-12-4 <sup>a</sup>	Delineador Chevron		2
P-1-9	Delineador Chevron	0.571 X 0.762	47
P-2-1	Intersección en Cruz	0.762 X 0.762	7
P-2-1 + P-1-14	Intersección 30 KPH	0.762 X 0.762 + 0.381 X 0.761	2
P-2-3	Intersección a la izquierda	0.762 X 0.762	1
P-3-4	Rotonda	0.762 X 0.762	2
P-3-4 + P-1-14	Rotonda 30 KPH	0.762 X 0.762 + 0.381 X 0.761	3
ID-1-1	Informativa de destino	1.00 X 0.30	1
ID-1-2	Informativa de destino	1.00 X 0.61	1
ID-1-3	Informativa de destino	1.00 X 0.91	6
ID-2-2	Informativa de destino	2.40 X 0.75	1
ID-3-23	Informativa de destino	3.00 X 2.44	6
ID-3-7	Informativa de destino	3.00 X 2.44	0
ID-3-8	Informativa de destino	3.00 X 2.44	0
<b>TOTAL</b>			<b>139</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes



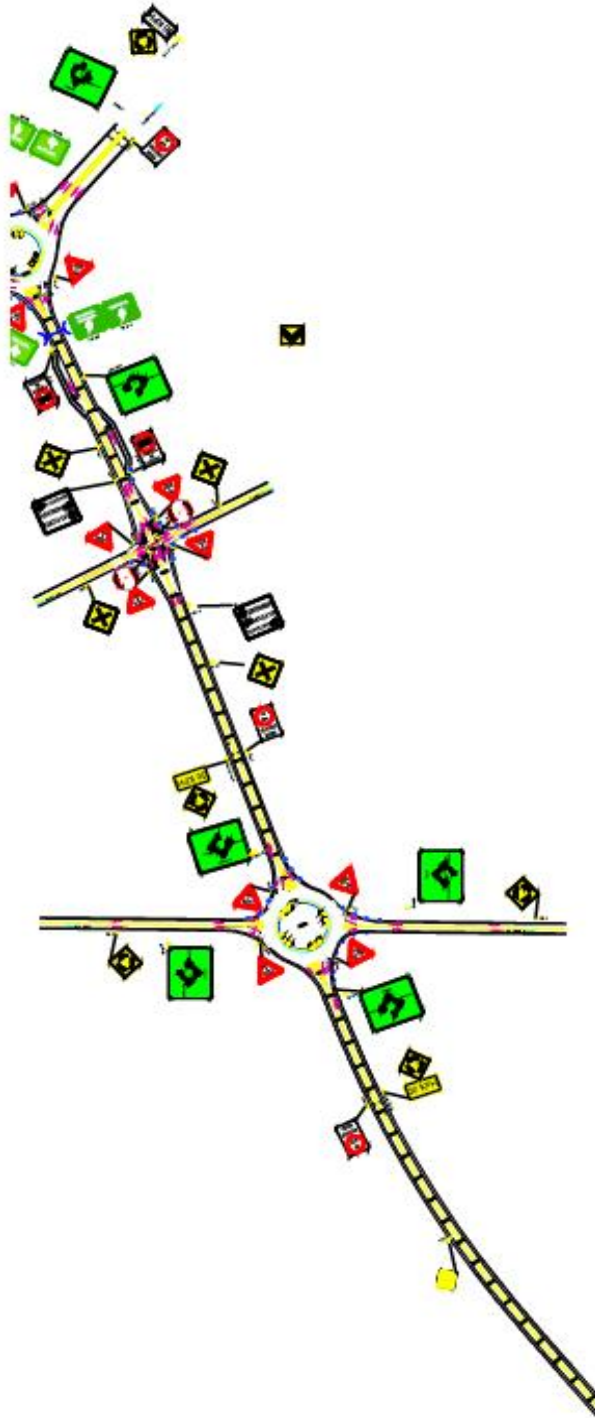
## Anexo Imagen 1



Fuente: Google map

## Anexo Imagen 2

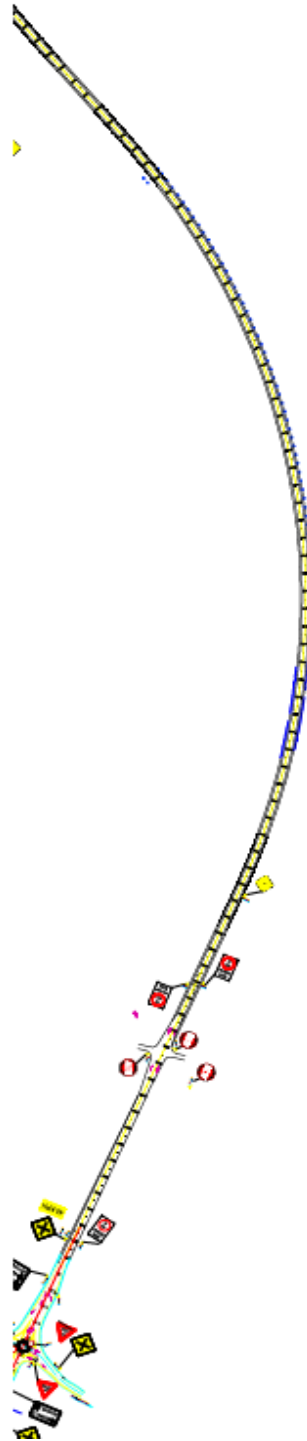
Estación 27 + 150 hasta 27 + 730



Fuente: Policía Nacional de Tránsito

### Anexo Imagen 3

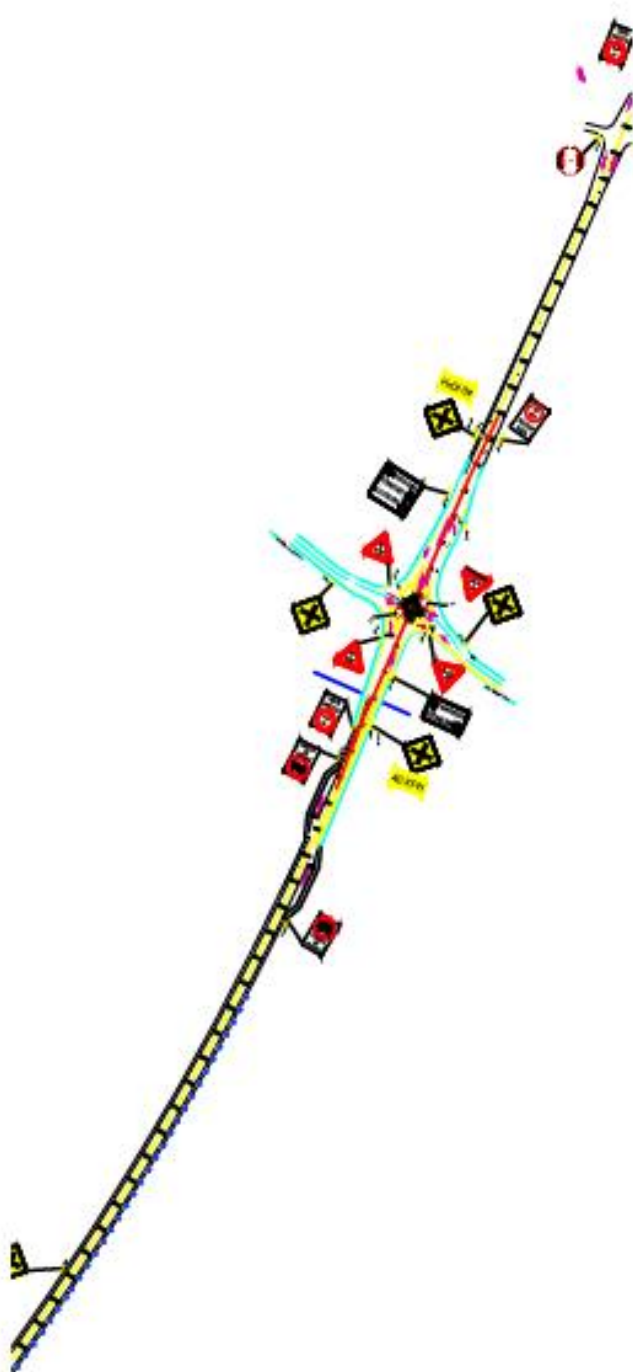
Estación 27 + 730 hasta 29 + 710



Fuente: Policía Nacional de Tránsito

#### Anexo Imagen 4

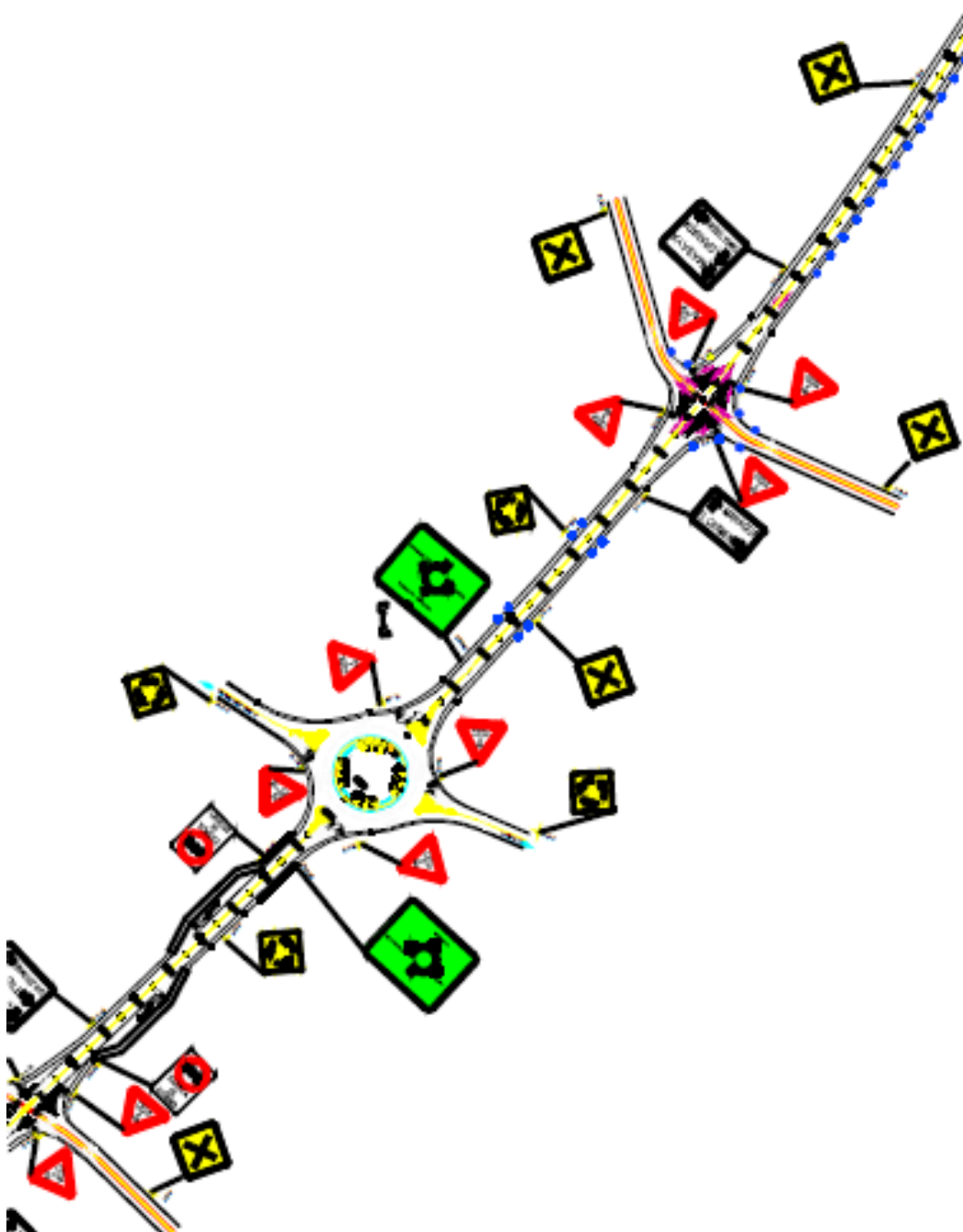
Estación 29 + 730 hasta 30 + 590



Fuente: Policía Nacional de Tránsito

## Anexo Imagen 5

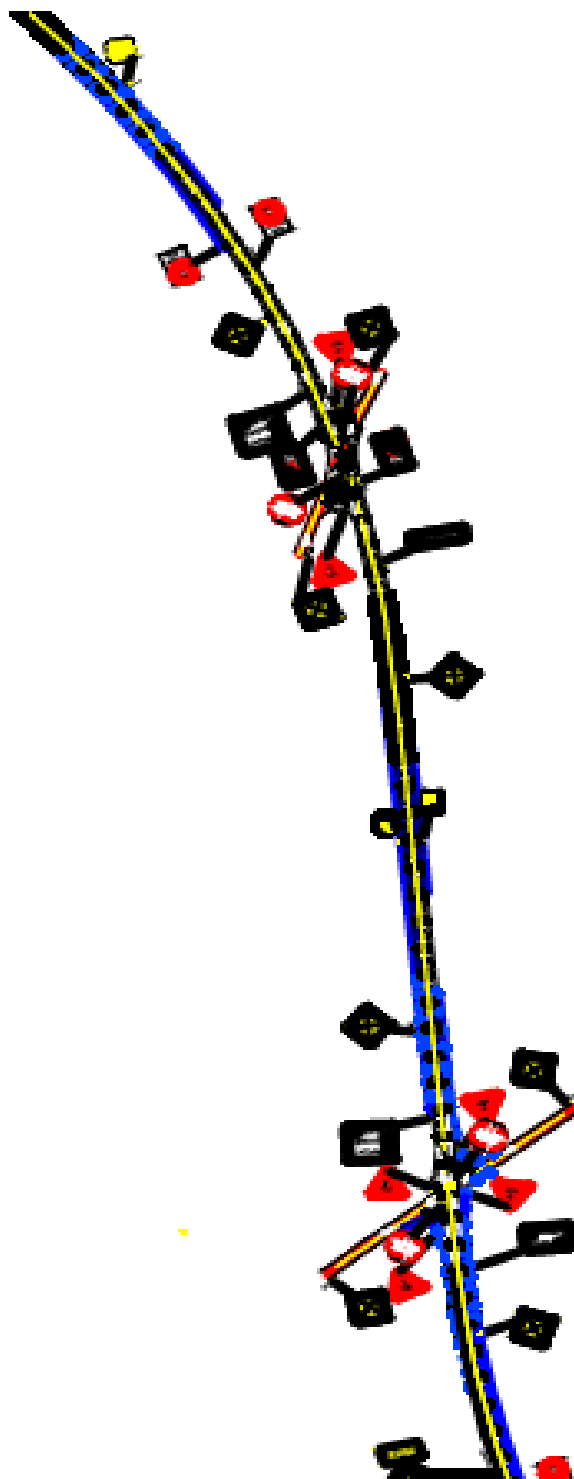
Estación 30 + 350 hasta 30 + 850



Fuente: Policía Nacional de Tránsito

## Anexo Imagen 6

Estación 31 + 610 hasta 32 + 670



**Fuente: Policía Nacional de Tránsito**

## Anexo Imagen 7

Estación 32 + 730 hasta 33 + 510



**Fuente: Policía Nacional de Tránsito**